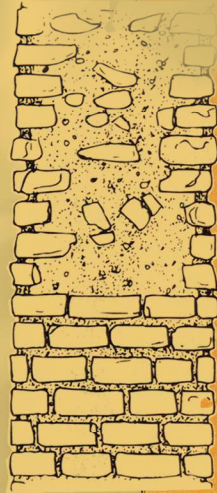
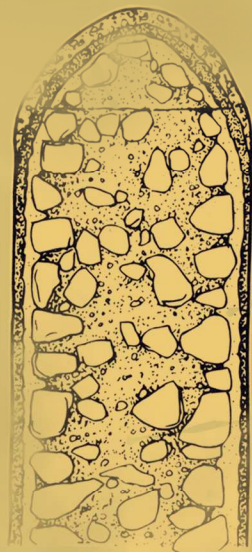


INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN

PROYECTO FINAL DE GRADO

CREACIÓN Y GESTIÓN DE CONTENIDOS
PARA LA DIFUSIÓN DE LA CAL COMO
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN
TRADICIONAL



OPUS REVOCO TIROLES
CAL PASTA
CICLO APAGADO
LECHADA
RASQUETA
HORNO
ESTUCCO
DENSIDAD FICAL



Proyectista: Alba Pérez Iglesias
Directores: Montserrat Bosch González
Joan Ramon Rosell Amigó
Convocatoria: Febrero 2011

Resumen

El presente trabajo es el resultado de un proceso de búsqueda, selección e interpretación de contenidos en el marco de la cal como material de construcción tradicional. Se desarrollan los procesos y técnicas tradicionales, así como su uso en la actualidad, teniendo en cuenta los criterios medioambientales y las vías de investigación vigentes. Al mismo tiempo, dicho contenido se gestiona para la creación de un espacio virtual en el que pueda ser consultado por aquél que así lo requiera, además de ser sometido a la corrección y ampliación de expertos en el futuro. De este modo, se crea un tratado de conocimiento extensible más allá de la publicación del mismo, pudiendo ser actualizado para que éste sea siempre una fuente de conocimiento vigente.

El trabajo se ha estructurado a partir de un primer capítulo en el que se desarrolla el contexto del trabajo y los objetivos que se pretenden alcanzar. En el segundo capítulo se expone el método utilizado para la creación de un espacio virtual en el que se muestran los contenidos que posteriormente se desarrollarán, y para ello, se detalla la metodología de búsqueda bibliográfica y gestión de los contenidos que se extienden en el capítulo 3.

El cuarto capítulo muestra la información recabada sobre la cal como material, desde su fabricación, tipos, normalización y propiedades. Seguidamente se detalla su uso en la construcción tradicional en el capítulo 5 en forma de morteros, pastas y lechadas cuyo uso abarca desde la confección de obras de fábrica hasta revestimientos horizontales y verticales. Al encontrarse gran variedad de éstos últimos, se detallan más extensamente en capítulo 6.

Finalmente resulta de interés conocer la actualidad de un material de construcción tradicional y determinar si éste sigue teniendo una importancia hoy en día. Por ello, en el capítulo 7 se ha tratado tanto la restauración como la investigación en el ámbito de la cal como material de construcción tradicional.

Prefacio

Un Proyecto Final de Grado supone la culminación de los años de aprendizaje de una titulación, así como su puesta en práctica. En mi caso, he compaginado los estudios universitarios con el trabajo en el Laboratori de Materials de la EPSEB, donde he realizado, entre otras tareas, ensayos de diagnosis y de caracterización de materiales y, específicamente, he trabajado en ensayos sobre la cal.

Cuando llegó el momento de decidir el tema de mi Proyecto Final, me reuní con los profesores Joan Ramon Rosell y Montse Bosch y les expuse mis inquietudes: quería realizar un proyecto sobre la cal como material, pero no quería hacer un trabajo puro de laboratorio, dado que ya llevaba mucho tiempo dedicada a ello. Me motivaba más un trabajo de aplicación, que me permitiese aprovechar los conocimientos adquiridos durante los dos años en el Laboratorio, pero enfocado a una vertiente más humanística, considerando el material en su contexto histórico y su aplicación en edificación. Por este motivo, les solicité si podían ser ellos mis tutores, lo que facilitaría la lectura del Proyecto desde las dos vertientes.

La primera idea que expuse a los tutores iba por la línea de recopilar las técnicas constructivas en las que interviene la cal en un territorio extenso como era la cuenca del Mediterráneo, con un origen cultural común y con un conocimiento de la cal compartido a partir de la expansión del Imperio Romano y sus técnicas constructivas. Las distintas culturas y religiones con sus representaciones arquitectónicas, los materiales disponibles en los distintos entornos o la climatología, habían definido usos de la cal diversos que podían ser interpretados a partir del conocimiento científico. Pero sólo con los primeros trabajos de recopilación bibliográfica, en distintas lenguas y sin posibilidades de movilidad, nos dimos cuenta que hacía falta acotar el trabajo.

Casualmente, en aquel momento de reconsideración del proyecto se aprobaban los estatutos de creación del Fórum Ibérico de la Cal, una asociación sin ánimo de lucro, cuyos objetivos se centraban en la difusión de la cal como material tradicional de construcción en España y Portugal. Visto que existía un interés común, unimos los dos proyectos en uno y propuse a los tutores un cambio de dirección y reenfocar mi trabajo al diseño y a la creación de contenidos que debían dar soporte al principal medio de difusión de la asociación: su página web.

El Proyecto que aquí presento en forma de memoria es por lo tanto el estudio en profundidad de la cal como material y su uso en la tradición constructiva, y también el proceso de creación de la página web como soporte en el que compilar el conocimiento adquirido.



Indice

Resumen

pág. 1

Prefacio

pág. 1

Capítulo 1. Introducción y objetivos

1. Contexto del proyecto

pág. 7

2. La Asociación del Fórum Ibérico de la Cal

pág. 7

3. Objetivos

pág. 8

Capítulo 2. Metodología de la realización del espacio digital

1. Diseño y organización previa de los contenidos

pág. 11

2. Especificación del software a utilizar

pág. 13

3. Realización de la página

pág. 14

Capítulo 3. Gestión de la documentación para la realización de los contenidos

1. Las bases de la investigación bibliográfica

pág. 21

2. Clasificación de las publicaciones

pág. 21

3. Administración de referencias

pág. 21

Capítulo 4. Contenidos para la difusión de la cal como material

1. Origen de la cal

pág. 25

2. Tipos de cal

pág. 29

3. Ciclo de la cal

pág. 31

4. Normativa aplicable

pág. 33

5. Fabricación

pág. 33

6. Propiedades de la cal

pág. 37

Capítulo 5. Contenidos para la difusión de la cal en la construcción tradicional

1. Morteros, pastas y lechadas

pág. 43

2. Usos de los morteros y pastas de cal

pág. 48

Capítulo 6. Revestimientos verticales tradicionales

1. Revocos

pág. 57

2. Caso singular, el estuco

pág. 61

Capítulo 7. Contenidos para la investigación y restauración mediante cal

1. La cal en la actualidad

pág. 65

2. Restauración

pág. 65

3. Investigación

pág. 69

Conclusiones y Recomendaciones

pág. 73

Agradecimientos

pág. 74

Bibliografía

pág. 77

Índice de figuras y tablas

pág. 87

Sumario

pág. 93

Anexo 1. Resultados de la encuesta

pág. 99

Anexo 2. Textos de soporte

pág. 109

Anexo 3. Glosario

pág. 125





OPUS REVOCO TIROLESA RABQUENITA ESTUCCO
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD 1000



Capítulo 1. Introducción y objetivos

1. Contexto del proyecto

El presente proyecto se desarrolla con el objetivo de aglutinar los conocimientos que se tienen de la cal como material de construcción.

La cal fue uno de los primeros aglomerantes de los que se sirvió el hombre para la construcción, además de utilizarlo para fines ornamentales. Su uso se mantuvo vigente hasta el descubrimiento del cemento portland en 1824, así como de sus propiedades, que destronó a la cal como principal material aglomerante aunque no por ello dejó de utilizarse.

Actualmente se fomenta el uso de la cal tanto para la restauración de monumentos arquitectónicos como para la rehabilitación de viviendas, campos que forman parte de las actividades profesionales que un Ingeniero de la Edificación puede llevar a cabo y así, el conocimiento de los materiales tradicionales resulta esencial para la correcta aplicación en proyectos profesionales de dicho campo.

Una vez definido el campo de estudio y los motivos para la realización del trabajo se plantearon los posibles formatos en que podría ejecutarse.

La redacción de un trabajo académico convencional en formato impreso conllevaba

un discurso rígido, en un único nivel de dificultad o de expansión del conocimiento, además de quedar obsoleto en un breve periodo de tiempo debido a los nuevos estudios e investigaciones que podían incorporarse con el paso del tiempo.

Como nos encontramos en la era de la información y la transmisión de conocimiento mediante sistemas digitales (numerosos colegios están implantando los libros de texto en formato electrónico, los profesionales dan a conocer su trabajo a través de redes sociales profesionales, los apuntes universitarios se ofrecen al estudiante en campus digitales, etc.) podemos decir que el conocimiento más actual se encuentra en la red, con la posibilidad de crear un continuo crecimiento de éste en tiempo real.

Por ello, decidimos que este trabajo de investigación, síntesis y redacción de conocimientos tomaría un formato final digital. Paralelamente a este planteamiento, se dio la circunstancia de que estaba surgiendo una asociación sin ánimo de lucro con el objetivo de potenciar la investigación, promover la formación y hacer difusión de la producción y el uso de la cal, llamada Fórum Ibérico de la Cal (FICAL).

En el momento de iniciar este trabajo FICAL estaba en fase de nacimiento y expansión, y se había propuesto, entre otras

actividades, la creación de una página web en la cual se pudieran difundir los conocimientos sobre la cal. De este modo sería posible, mediante el diálogo entre los socios de dicha asociación, completar y crear un debate crítico en las cuestiones más recientes.

Este escenario resultó ser una gran oportunidad, ya que permitía que los conocimientos adquiridos y redactados en este proyecto pudieran actualizarse en el futuro por un grupo de expertos, e irse ampliando progresivamente. Además, este formato permitiría la redacción de textos a diferentes niveles, dando la oportunidad al lector de adquirir conocimientos en la medida deseada según el caso.

Personalmente, la creación de un formato digital como herramienta a partir de la cual poder demostrar los conocimientos sobre un tema específico y profundizar en ellos a distintos niveles suponía una propuesta interesante y al mismo tiempo un gran reto, debido a la necesidad de conocer las herramientas informáticas necesarias para llevarlo a cabo.

Además, la misma realización de los contenidos técnicos para una asociación de profesionales y expertos en todo lo relacionado con la cal en la construcción suponía, ya de por sí, un reto intelectual y una culminación

del aprendizaje realizado en el transcurso de los estudios de esta titulación.

2. La asociación del Fórum Ibérico de la Cal

En España existe un grupo de profesionales vinculados a la Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE, 2010), una organización profesional constituida por empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de cales cálcicas o magnésicas y sus derivados.

Según los datos publicados en su página web, tan solo un 17,59% de los productos cálcicos están destinados a la construcción, siendo un 71,21% mayoritario destinado a la industria, un 10,24% a la protección ambiental y un 0,96% a la agricultura.

A pesar de ello, existen unos valores de restauración y cultura tradicional relaciona-

dos con la cal y la construcción; y un punto de vista compartido entre algunos profesionales, ya sean fabricantes, constructores o investigadores.

Desde este colectivo de profesionales interesados en los métodos tradicionales de construcción con cal se derivan varias páginas sobre hornos de cal, restauración mediante sistemas tradicionales o fóruns de otros países como el *Fórum Italiano della Calce*, dirigido por Andrea Ratazzi.

Joan Mestre es profesor en las Islas Baleares y un profesional muy activo con la tradición constructiva mediante cal, y es quien aglutinó a un grupo afín a estas cuestiones, con el objetivo de crear la asociación del Fórum Ibérico de la Cal (FICAL). Así, se celebró una primera reunión con los miembros fundadores para definir los objetivos de la asociación y redactar los estatutos para registrarla legalmente como asociación unos meses más tarde.



Fig.1-Logotipo FICAL



Como se ha comentado anteriormente, el siguiente paso que se habían propuesto como colectivo era la difusión de la cal y la activación del diálogo entre los profesionales del sector, y es en este punto en el que este proyecto inició su colaboración con dicha asociación.

3. Objetivos

Con el fin de tomar una idea general sobre el proyecto que se pretendía llevar a cabo y, a partir de ésta, desarrollar los objetivos a cumplir, se constató que las tareas a realizar se bifurcaban en la creación del espacio digital por un lado y en el desarrollo de contenidos técnicos a partir de la investigación por otro.

En la creación del espacio digital, los objetivos generales que se establecieron son los siguientes:

- Desarrollar un espacio que cumpla los criterios de uso establecidos por la asociación.
- Diseñar un espacio que resultase atractivo para los usuarios.
- Identificar los contenidos de interés y de utilidad para los usuarios.
- Generar un espacio fácil de actualizar y de mantener.

- Crear un espacio de información sobre actividades, conferencias, cursos y talleres dirigido a los profesionales del sector.

En cuanto a la creación y desarrollo de contenidos técnicos, se pretendía:

- Difundir el uso de la cal como material, así como sus aplicaciones y discusiones ambientales.
- Desarrollar contenidos en diferentes niveles, desde las nociones más básicas hasta la profundización técnica y científica a partir de artículos.
- Aglutinar los conocimientos adquiridos por formación y experiencia de los diferentes colectivos que trabajan con este material, fomentando el diálogo entre las diferentes partes.
- Aportar información actual sobre la investigación alrededor de la cal y sus aplicaciones.
- Acercar la tradición constructiva a las nuevas técnicas, así como a los profesionales de otros países.



Capítulo 2. Metodología de la realización del espacio digital



Fig. 2- La Banca della Calce

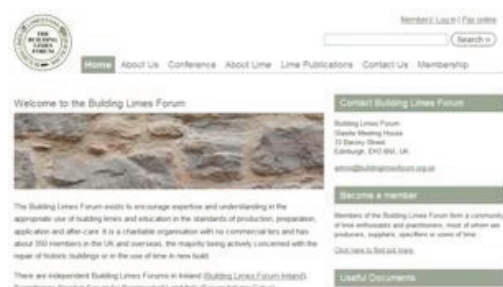


Fig. 3- The Building Limes Forum



Fig. 4- European Lime Association

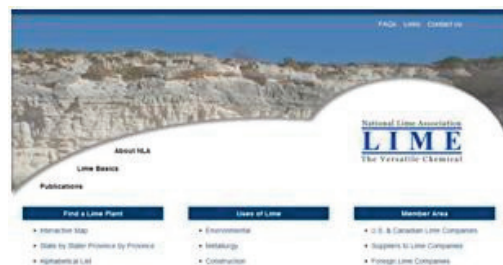


Fig. 5- National Lime Association



Fig. 6- Forum Italiano della Calce

“Cualquier tecnología suficientemente avanzada es indistinguible de la magia.”

Arthur C. Clarke

1. Diseño y organización previa de los contenidos

El primer paso a realizar para la creación de un espacio digital dirigido a un público específico consiste en la realización de un estudio de interés para conocer los campos de conocimiento y contenido que el usuario desea encontrar.

Este estudio se ha realizado mediante dos herramientas de búsqueda: en primer lugar, la realización de una comparativa con espacios web similares establecidos en otros países para determinar el contenido de éstos y discernir aquellos apartados u organización que nos puedan parecer de interés para cumplir nuestro objetivo.

En segundo lugar, la realización de un cuestionario dirigido a una muestra de posibles futuros usuarios para establecer de primera mano cuáles son las prioridades informacionales requeridas por éstos.

1.1. Comparativa de páginas similares

La dirección y apariencia de las páginas objeto de comparación se detallan en las Figuras 2-6.

Tal y cómo se puede observar en la Tabla 1, la información que se encuentra en las

diferentes páginas web existentes destinadas a la cal dan una información básica sobre el material, y en algunos casos alguna referencia a normativas o a artículos de búsqueda relacionados.

Por otro lado, se da una mayor importancia a la Asociación que está representada, patrocinando tanto sus actividades como las ventajas de hacerse socio, que a la información sobre el material propiamente dicho.

En cuanto a los contenidos multimedia, éstos son bastante escasos, e incluso ausentes en algunos sitios. También resulta bastante visible que las páginas web italianas suelen encontrarse más relacionadas con el mundo de la restauración, mientras que las páginas americanas tienen un enfoque mucho más industrial, donde la construcción forma parte de una de las muchas aplicaciones posibles.

El interés de la página web del FICAL debería ser básicamente constructivo y se pretendía profundizar mucho más en los conocimientos actuales sobre el material y sus aplicaciones. También se deberían incorporar las publicaciones y la bibliografía de interés.

Perfilado el contenido básico que se pretendía lograr, se realizó una segunda comparativa para identificar los principales apartados disponibles en las páginas web

Tabla 1. Contenidos de las páginas similares

Página web		La Banca della Calce	The Building Limes Forum	European Lime Association (EULA)	National Lime Association (NLA)	Forum Italiano della Calce
Información	La cal	Definición, tipos de cal, normativa	Básica	Básica	Definición del proceso industrial	Extensa
	La asociación	Quiénes somos, actividades hazte socio	Quiénes somos, actividades hazte socio	No	Quiénes somos, actividades hazte socio	Quiénes somos, actividades hazte socio
	Productos	En construcción	Portadas de libros de interés	Tipologías de productos industriales	Proveedores de productos	Sobre técnicas
	Proceso industrial	No	No	Extensa	Sí	Básica
Multimedia		No	No	Imágenes	Mapa interactivo	Imágenes
Artículos relacionados		No	Links a los artículos de la NLA	No	No	Sí
Interés de la página		Fórum	Fórum	Industrial	Industrial	Restauración

estudiadas y que se muestran a la Tabla 2. Se observó una división principal entre el patrocinio de la Asociación, los contenidos sobre cal, los recursos en red y las páginas de interés, añadiéndose en la mayoría de casos una página de inicio y un buscador. A pesar de no haber apreciado la aparición de *banners* o logotipos publicitarios en estas páginas, se ha propuesto incluirlos en la página web del FICAL para fomentar la participación entre profesionales.

1.2. Cuestionario de interés de los colectivos implicados

Además de las comparativas realizadas entre las diferentes páginas existentes de temática similar, se creyó conveniente la realización de un cuestionario para establecer cuáles eran los contenidos de interés y el tipo de página web que esperarían encontrar los posibles futuros usuarios. En un inicio se pretendían establecer unas preguntas de respuesta corta y realizarlas por vía telefónica a los diferentes colecti-

Tabla 2. Apartados de las páginas similares

Página web	La Banca della Calce	The Building Limes Forum USA	NLA	Forum Italiano della Calce	The Building Limes Forum UK
Qué es	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Objetivos	Sí			Sí	
Actividades y servicios	Sí			Sí	Sí
La cal	Sí	Sí		Sí	Sí
Contacto	Sí	Sí	Sí		Sí
Noticias	Sí			Sí	Sí
Beneficios clientes	Sí			Sí	
Inicio		Sí		Sí	Sí
Conferencias		Sí			Sí
Publicaciones		Sí			Sí
Hazte miembro			Sí	Sí	Sí
Proveedores			Sí		
Buscador de fábricas de cal			Sí		
Recursos en red				Sí	
Links				Sí	Sí
Acceso directo a artículos				Sí	Sí

vos, pero finalmente se buscó una metodología más accesible y cómoda para ambas partes.

Mediante la aplicación online se realizó una encuesta, a la que se accedería a partir de un link (Portaldeencuestas, 2010) específico, y que se envió a una muestra de población que podía encontrarse entre los colectivos de interés.

La encuesta se iniciaba pidiendo al usuario a qué grupo profesional pertenecía y a con-

tinuación aparecía una batería de preguntas donde el encuestado podía responder en un intervalo del 1 al 5 en qué medida estaba de acuerdo con la afirmación que se proponía. Para acabar, se encontraba una pregunta final en la cual se lo animaba a escribir libremente si tenía alguna sugerencia respecto a la encuesta realizada o bien si había echado de menos alguna pregunta que considerara importante.

A partir de la aprobación de la encuesta por parte del presidente de la Asociación del

Fórum Ibérico de la Cal, el señor Joan Mestre, ésta se envió a un amplio colectivo, obteniéndose una muestra de 89 encuestas respondidas, se analizaron los resultados, y estos han sido decisivos en la organización y elección de los contenidos a publicar.

Hemos observado que la mayoría de encuestados son proveedores de productos de cal y profesionales dedicados a la investigación. Los intereses de los primeros toman fuerza en la utilización de un espacio virtual para dar a conocer productos y distribuidores de cales, mientras que los otros no respaldan tanto esta postura sino que esperan un espacio más informativo, donde poder consultar artículos.

En general, tuvo muy buena respuesta el uso por parte de los encuestados de las herramientas telemáticas, aunque son pocos quienes la utilizan para realizar publicaciones. Se dio una importancia unánime a dar información en la página sobre la Asociación, y tuvo muy buena acogida la creación de un foro, aunque los miembros fundadores todavía tienen que decidir si éste va a realizarse. En definitiva, las respuestas al cuestionario han servido de guía para la definición de los contenidos que se han realizado para la página.

El cuestionario, así como los resultados pueden ser consultados en el anexo 1 del presente proyecto.



Fig 8. Mapa del diseño del espacio virtual

1.3. Del índice al mapa web

En paralelo a los trabajos previos realizados para la creación del espacio virtual, se han realizado las primeras búsquedas bibliográficas tal y como se explica en el

apartado 3.3 del presente capítulo, haciéndose así una primera clasificación de los contenidos a desarrollar y por tanto una propuesta de índice convencional.



Fig.9- Visualización de la administración de Joomla

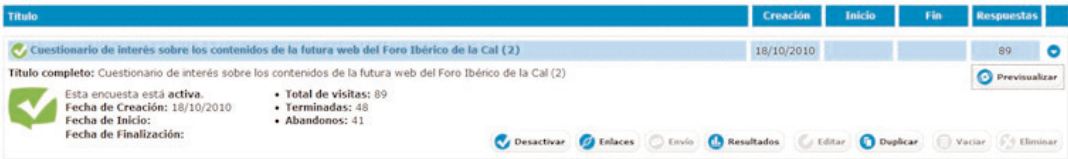


Fig. 7- Visualización de la aplicación de cuestionarios online

Mediante los datos obtenidos en la comparativa de páginas y en la encuesta de interés, dicho índice se desarrolló para crear un mapa web que estableciese la disposición y clasificación de los contenidos.

En primer lugar se decidió la distribución o esquema de diseño de la página, que constaba de una cabecera, un cuerpo central y márgenes laterales, tal y como muestra la Figura 7. Los detalles de las secciones descritas se detallan en el apartado tres del presente capítulo, dedicado a la realización de la página.

La cabecera debió ser igual para todas las páginas; los márgenes laterales tendrían siempre las mismas aplicaciones, pero éstas serían variables según el caso. Es decir: el menú desplegable y el inicio de sesión serían permanentes, pero la agenda y los artículos variarían según la sección en la que nos encontremos.

De este modo solamente queda establecer qué modificaciones serán visibles en cada apartado del índice para poder crear a partir de éste el mapa web.



Fig. 10- Logotipo Joomla!

2. Especificación del software a utilizar

2.1. Justificación

La era de la información conlleva un crecimiento día a día de las posibilidades de comunicación telemáticas así como una mejora en las facilidades de participación en el mundo virtual con el mínimo de conocimientos técnicos posibles. La aparición del sistema operativo Windows posibilitó el manejo de los ordenadores a cualquier usuario sin necesidad de tener conocimientos de comandos y lenguaje informático como ocurría con el antiguo Ms-DOS.

Lo mismo está ocurriendo actualmente con la creación de páginas web. En sus inicios, éstas se programaban mediante comandos de lenguaje informático tales como html, o css. Pero hoy en día ya existen plataformas que permiten crear páginas web sin la necesidad de conocer este tipo de lenguaje.

Del mismo modo que un profesional de la informática puede, mediante el uso de comandos, realizar trabajos mucho más complejos que un usuario medio, un diseñador de páginas web también tiene a su alcance muchos más recursos y conocimientos que un usuario de programas de creación de páginas.

Por ello, debemos aclarar que no se pretende desvalorizar el trabajo de dichos profesionales, sino poner de manifiesto la existencia de tecnologías que nos permiten utilizar los sistemas digitales para la distri-

bución y creación de contenidos en nuestro sector a un nivel básico. En el caso de querer crear un sistema mucho más complejo, siempre podremos encargarlo a un profesional.

En el presente proyecto la creación de una página web es más un medio que un fin, ya que los contenidos a desarrollar constituyen la finalidad del proyecto y el medio de transmisión de dichos contenidos es un soporte. Por ello, pretendemos crear este espacio sin la necesidad de adquirir conocimientos de lenguaje informático.

2.2. Sistema de Gestión de Contenido

Joomla!

Joomla (Fig.10) es una palabra swahili que significa "todos juntos", y el logotipo representa personas interconectadas trabajando en un mismo proyecto al mismo tiempo.

Esta plataforma es un Content Management System (CMS) gratuito. Es un sistema muy poderoso, en constante desarrollo, fácil de utilizar, personalizar y expandir, que funciona completamente online, es decir que el usuario final no necesita instalar ningún programa en su ordenador, sino que directamente desde el navegador web puede hacer cualquier cambio en su propia web.

Un CMS es un Sistema de Gestión de Contenido, que permite a usuarios no técnicos poder modificar sus páginas web sin nece-

sitar ningún tipo de intermediario, directamente, desde su navegador y sin tener que instalar ningún tipo de programa adicional. Por otro lado, un lugar web tradicional o estático es un conjunto de documentos en formato html entrelazados, los cuales conforman en total un lugar web; pero este sistema conlleva algunos inconvenientes:

En primer lugar, está basado en documentos, es decir, tanto el contenido como el diseño se encuentran incluidos en cada documento de manera individual. Esto implica que si se quiere realizar un cambio en el diseño, éste se tiene que efectuar en cada uno de los documentos por separado, aunque se esté utilizando una plantilla de diseño. Además, estos tipos de documentos tan sólo los puede modificar el diseñador web que los diseñó originalmente o bien un usuario que tenga conocimientos de lenguaje html o css. En cambio, un cliente final que no conozca esta tecnología no puede trabajar en su propia página.

En segundo lugar, se encuentran limitaciones en algunas funcionalidades. Por ejemplo: si queremos incluir en nuestra página web una aplicación para realizar un pago, un motor de búsqueda o una sección privada por contraseña, como es nuestro caso, se requieren conocimientos de programación.

En tercer lugar el sistema es poco flexible, puesto que cuando crece mucho el conte-

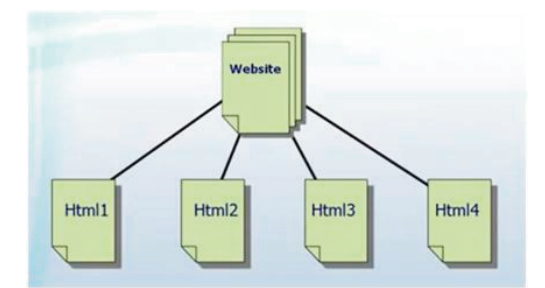


Fig.11- Gestión tradicional o estática

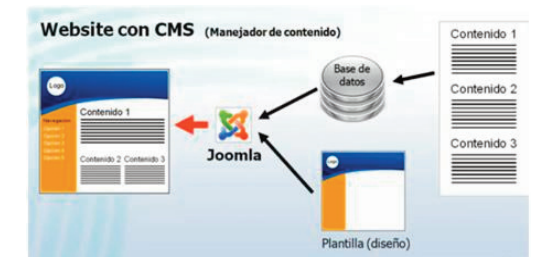


Fig.12- Gestión de un CMS

nido de una web, es decir va adquiriendo más información, en este esquema resulta difícil administrar todo el contenido manualmente.

Finalmente, cuando el cliente final, que es quien nos encarga la página web, quiere utilizarla, también se encuentra con algunos problemas. Por ejemplo, si el cliente quiere hacer algún cambio en su página necesita contactar con el diseñador, a quien le transmite la información o los cambios a realizar y éste los aplica (Fig.11).

Por lo tanto, constituye un procedimiento lento para el cliente puesto que requiere pasar por una tercera persona, dependiendo del horario y disponibilidad del diseñador. Por otro lado, también es tedioso para el diseñador, puesto que constantemente tiene que estar realizando cambios, y todavía resulta más complicado cuando

el cliente no envía la información adecuadamente organizada o bien el diseñador no entiende lo que quiere el cliente.

Esto supone un consumo excesivo de tiempo por ambas partes, puesto que los cambios tienen que pasar por varias personas antes de hacerse realidad en la página, además de crear conflictos entre el cliente y el diseñador en caso de que se produzca alguna malinterpretación de la información.

En un sitio web basado en CMS en cambio, el contenido y el diseño están separados, lo que permite poder cambiar el diseño en cualquier momento conservando el contenido íntegro. Análogamente, si el cliente modifica el contenido no modifica el diseño. Además, la plataforma Joomla! se encarga

de coger el contenido y el diseño de la base de datos y ejecuta la página final (Fig.12). Para el cliente, ésta es una de las ventajas principales, ya que puede modificar el contenido directamente desde el CMS y el diseñador tan sólo está presente para dar algún apoyo o para corregir en caso de que surgiera algún problema técnico. De este modo el proceso es instantáneo para el cliente puesto que no depende de una tercera persona para actualizar, modificar, suprimir o añadir información a su página. Para el diseñador también resulta más cómodo, puesto que tan sólo se encarga de implementar funciones nuevas o llevar a cabo la asistencia técnica. Así, la página web se mantiene fresca con información reciente, y el cliente puede realizar cambios sin esperas.

2.3. Soporte

Durante el proceso de creación de ésta página desarrollaremos las funciones de cliente y diseñador, pero debemos tener en cuenta la continuidad del buen funcionamiento de esta página una vez se encuentre operativa. Por tanto, teniendo en cuenta que éste es el sistema que más se adecúa a las necesidades existentes en el proceso de creación, y las ventajas que conllevará a aquellos que continúen con el proyecto en un futuro, decidimos realizar la exposición de nuestros contenidos bajo esta plataforma. Para ello, nos valdremos de algunos programas adicionales, que se describen a continuación:

En primer lugar, se necesita un servidor donde guardar toda la información referente a la página, y temporalmente, mientras la Asociación no contrate un servidor propio, la página web se realizará en un servidor local o localhost instalado en un ordenador personal. Para ello, se precisará el uso de Apache (Fig.13), un software que permite crear un servidor http en tu propio ordenador de una forma rápida y sencilla.

En segundo lugar, necesitamos un programa que gestione los datos que se deriven de la creación de una página para una Asociación, desde los propios contenidos de la página hasta el gestor de asociados. MySQL (Fig.14) es una aplicación capaz de manejar un conjunto de datos de manera eficiente y cómoda, almacenándolos en tablas entre las cuales se establecen unas relaciones para manejar los datos de una forma eficiente y segura.

Además, nos permitirá gestionar el histórico de archivos, es decir, que éstos se almacenen automáticamente cuando queden obsoletos, y tendremos automatizada la base de datos de los asociados para poder enviar también de forma automática los boletines informativos que la Asociación considere necesario.

En tercer lugar, a pesar de la capacidad de Joomla! de colgar contenidos automáticamente, nos será de gran ayuda el uso de un programa que también pueda subir ar-

chivos a un servidor. Para ello usaremos un programa llamado FileZilla (Fig.15).

Finalmente, la creación de una plantilla de diseño de una página web es el elemento clave mediante el cual muchos usuarios discriminan una buena página de una mala. Por ello, para realizar dichas plantillas sin la necesidad de conocer los códigos de programación utilizaremos el programa Artisteer (Fig.16), que permite crear de forma visual las plantillas de diseño que utilizaremos en nuestra página web sin tener que introducir códigos de lenguaje informático. Esta aplicación nos permite elegir colores, tamaños, contornos, tipografías de letras, formatos, distribuciones e imágenes que queremos que aparezcan en nuestra página.

3. Realización de la página

Una vez realizados los estudios previos, el diseño básico y el mapa web, se definen los programas a utilizar y se realiza una plantilla de diseño de la página. Se ha procedido al desarrollo de la página a través de Joomla!.

3.1. Contenido

El contenido del presente proyecto es trasladado a un espacio virtual donde resulta imprescindible una buena organización para que éste pueda ser fácilmente actualizable en el futuro. Por ello, se clasifican los contenidos primeramente en secciones, y



Fig. 15- Logotipo Filezilla



Fig. 16- Logotipo Artisteer

en cada sección se asignan varias categorías. De este modo los artículos pertenecen a una sección y categoría en concreto, con una jerarquía establecida, y resulta más sencillo encontrarlos y saber dónde colocar una nueva información que precise de ampliación en un futuro. La Figura 17 muestra esquemáticamente la distribución de los contenidos según este criterio.

Cuando un artículo constituye la presentación de una serie de artículos subyugados a éste, se muestra una lista de los textos de continuación que son enlazables a una nueva página. Si la extensión de éstos es reducida, el enlace nos lleva a una única página donde se encuentran todos ellos, pero según en qué enlace entremos nos encontraremos en un punto u otro del texto, tal y como muestra la Figura 18.

En cuanto a las noticias y eventos, éstos son creados por los usuarios, quienes los envían mediante los formularios pertinen-



Fig.13- Logotipo Apache



Fig. 14- Logotipo MySQL

INICIO	SOBRE FICAL	LA CAL	APLICACIONES	RESTAURACIÓN	INVESTIGACIÓN	BIBLIOGRAFÍA	ENLACES
noticias	quiénes somos	origen	obras de fábrica	criterios de sostenibilidad	nanocalce	obras recomendadas	normalización
enviar noticia	actas y estatutos	tipos de cal	hormigón	cal vs. cemento	estabilización de arcillas	selección de tratados	gremiales
eventos	asociarse	ciclo de la cal	revestimientos verticales	criterios de restauración	reología	normativa	formación
nuevo evento		normativa	pavimentos				investigación
		fabricación					
		propiedades					

Fig. 17- Distribución de contenidos



Fig. 18- Ejemplo de enlace entre artículos

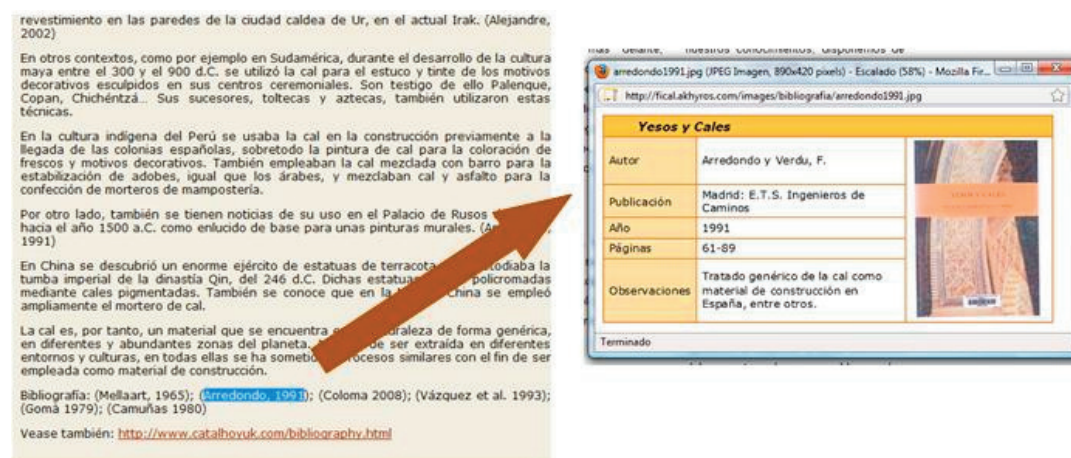


Fig. 19- Ejemplo de gestión bibliográfica

tes, y el gestor pertinente, cuyas funciones explicaremos más adelante, decide si éstos van a ser colgados y las modificaciones que deben llevarse a cabo. En el formulario de creación de eventos se determina el lugar, las fechas y la información que debe rellenarse y, tras la autorización del editor, el evento es publicado.

En cuanto a las noticias, se ha creado una página previa donde se detallan los contenidos a rellenar en cada campo, que puede ser consultado en el anexo 2. Asimismo, se ha creado un formulario similar para el envío de sugerencias de los usuarios.

En cuanto a la bibliografía, resulta poco pragmático acceder únicamente a una página en la que aparecen todas las obras consultadas recabadas, por lo que se ha hecho un recurso triple. Por un lado, la sección de bibliografía nos permite acceder a dicha lista, pero cada título es enlazable a una ventana emergente donde se muestra una ficha bibliográfica de la obra en cuestión.

Como excepción, al encontrarse los tratados de construcción disponibles en otra página web, se redirigen automáticamente a dicha página, donde pueden visualizarse y descargarse en formato pdf. El tercer recurso consiste en realizar una referencia bibliográfica de cada artículo, de modo que si al finalizar la lectura de éste queremos ampliar nuestros conocimientos, dis-

ponemos de referencias bibliográficas a pie de página enlazables también a las fichas mencionadas anteriormente. La Figura 19 muestra el funcionamiento de la gestión bibliográfica.

3.2. Miembros

Los miembros de la Asociación del Fórum Ibérico de la Cal deberían tener, como socios, más recursos que el usuario medio. Tal y como muestran los resultados del cuestionario realizado existe actualmente una disparidad de opiniones al respecto, y estas decisiones deben ser tomadas en asamblea por los socios de la Asociación.

Por ello, el acceso restringido a los contenidos no se trata en el presente proyecto, ya que es el peticionario quien debe determinar cuáles son las secciones restringidas en su página.

No obstante, existe actualmente la posibilidad de hacerse miembro, tanto como persona física como jurídica, a través de la página web. Se ha creado una aplicación en la que, tras rellenar un formulario y pasar un captcha(*) se puede realizar el pago anual de la cuota de socio mediante Paypal o bien rellenar un segundo formulario para que dicho pago anual se realice de forma automática.

(*) *captcha es el acrónimo de Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart (Prueba de Turing pública y automática para diferenciar máquinas y humanos). Los captchas son utilizados para evitar que robots, también llamados spambots, puedan utilizar ciertos servicios. Por ejemplo, para que no puedan participar en encuestas, registrarse para usar cuentas de correo electrónico (o su uso para envío de correo basura) o, más recientemente, para evitar que correo basura pueda ser enviado por un robot (el remitente debe pasar el test antes de que se entregue al destinatario). (Wikipedia, 2010)*

El proceso de creación de la cuenta Paypal se refleja en el anexo 2. La solicitud se envía al banco pertinente y al gestor de usuarios, quien una vez confirma el pago envía el nombre de usuario y contraseña para acceder a las secciones restringidas de la página mediante una aplicación de inicio de sesión. Esto no va a ser de utilidad hasta que se definan los contenidos restringidos.

La aplicación de Asociación tiene determinantes legales que se explican posteriormente en el apartado de Legislación.

3.3. Aplicaciones

Para conseguir una interfaz de la web adecuada a la difusión de contenidos, se ha instalado un módulo de menús horizontal para distribuir las secciones que resulta visible en todo el contenido de la página, y un módulo de menú vertical visible para cada sección donde se muestran las categorías pertenecientes a ésta.

En la página de inicio también se ha dispuesto una aplicación que permite ver los últimos artículos publicados. De este modo, el usuario puede acceder directamente a los contenidos más recientes. Además, se



ha instalado también una aplicación que muestra imágenes aleatorias, para dar una apariencia más dinámica al espacio virtual.

Finalmente, se han añadido algunas aplicaciones para mejorar las características de la web y facilitar al usuario su navegación, tales como una aplicación para saber cuántos usuarios están en línea, un buscador por palabras clave de contenidos en la página y un calendario donde se señalan los próximos eventos y se puede acceder a ellos de forma más visual.

3.4. Legislación

Todo sitio web debe cumplir con la legislación del lugar donde realiza su actividad. En el caso de la página web del Fórum Ibérico de la cal, debe cumplir con las leyes nacionales de España.

Si la página realiza o es reflejo de una actividad mercantil y/o recoge datos de carácter personal de los usuarios, debe cumplir la Ley de Servicio de la Sociedad de la Información (LSSI). Si además almacena datos de carácter personal de los usuarios en una base de datos debe cumplir la Ley Orgánica de Protección de Datos de carácter personal (LOPD).

Las sanciones por incumplimiento de dichas leyes ascienden hasta los 600.000 euros. Por ello, algunas empresas ofrecen la realización de auditorías para determinar si nuestra página web cumple con la legis-

lación vigente y en caso contrario, gestionan las soluciones pertinentes. Este servicio también se incluye en las empresas de diseño de páginas web.

3.4.1. Ley de Servicio de la Sociedad de la Información (LSSI)

La LEY 34/2002, de 12 de julio, de *Servicio de la Sociedad de la Información (LSSI)* establece que en la página web debe mostrarse la siguiente información referente a la Asociación, que se encuentra en la sección Sobre FICAL, consultable en el anexo 2:

- La denominación social, NIF, domicilio, dirección de correo electrónico y teléfono o fax de la Asociación.
- Los datos de inscripción registral como Asociación.
- Los códigos de conducta a que esté adherida.
- Los precios de los productos que ofrece, indicando si concierne los impuestos y gastos de envío, en este caso tan sólo aplicable a los costes de Asociación.

Además, teniendo en cuenta que las inscripciones online a una Asociación pueden ser consideradas un contrato, también deberá añadirse la siguiente información previamente al proceso de contratación:

- Trámites que deben seguirse para la contratación online.

- Si el documento electrónico del contrato va a ser archivado y si éste será accesible.
- Los medios técnicos para identificar y corregir errores en la introducción de datos.
- Idioma/s en que podrá formalizarse el contrato.
- Condiciones a las que se sujete el contrato.
- Confirmar la celebración del contrato mediante envío de un acuse de recibo del pedido realizado.
- En caso de la futura creación de la revista electrónica o newsletter comentada anteriormente, la LSSI obliga a:
 - Obtener autorización expresa previa al envío del destinatario.
 - Identificar un mensaje publicitario con la palabra *publicidad* o *publi*.
 - Facilitar la revocación del consentimiento.

En caso de tener banners publicitarios en un futuro, la Asociación debe tener en cuenta que el anunciante deberá ser claramente identificable, y que el carácter publicitario de la información deberá resultar inequívoco.

3.4.2. Ley Orgánica de Protección de Datos de carácter personal (LOPD)

La Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de *Protección de Datos de carácter personal (LOPD)*, establece que para el registro de un usuario cuyos datos van a ser archivados en una base de datos, deben realizarse los siguientes procedimientos:

- Solicitud de formulario de registro en la Agencia Española de Protección de Datos.
- Inclusión del Artículo 5 de la presente ley Orgánica previo al registro del usuario, consultable en el anexo 2.

3.4.3. Ley de Propiedad Intelectual

Por otro lado, al desarrollar contenidos en el espacio virtual debemos tener en cuenta la LEY 22/1987, de 11 de noviembre, de *Propiedad Intelectual*, que establece que los textos, imágenes, pinturas, música, etc. son propiedad del autor hasta 70 años después de su muerte y sólo pueden ser reproducidas como referencias a la obra original, con previo consentimiento del autor y sin ánimo de lucro. Además, por una cuestión de rigor científico, se citará en cada apartado del presente proyecto la bibliografía utilizada. De este modo, también se permite al lector conocer las fuentes bibliográficas con la que los textos han sido redactados, y puede por tanto ampliar sus conocimientos y sugerir otras fuentes o conocimientos

que completen el presente proyecto. Para la protección de las imágenes publicadas se recomienda incluir en éstas una marca de agua que obligue a quien las utilice posteriormente o bien retocarlas o bien dejar visible la verdadera autoría de éstas.

3.5. Gestión y mantenimiento

El gestor de una página web dinámica es aquella persona responsable de la revisión, actualización y adición de contenidos, así como de la gestión de los usuarios.

Para gestionar el espacio virtual objeto del presente proyecto, se han desarrollado cuatro perfiles de gestores que pueden ser llevados por una o varias personas de forma independiente entre sí. De este modo, cada gestor trabaja con una comisión de la Asociación, de modo que no es necesario que todos los gestores y comisiones trabajen al unísono para conseguir una actualización. Las comisiones que se prevé que deben crearse en la Asociación del FICAL y que repercuten en el desarrollo de la página posteriormente al presente proyecto son:

En primer lugar, la Comisión de miembros y difusión se encargarán de supervisar los pagos, dar de alta o de baja a los miembros y mantener la base de datos de éstos. Asimismo, también supervisarán la edición de una revista electrónica de noticias y eventos accesible a los miembros de la Asociación y/o a todo aquel que lo solicite.

Dependerán de esta comisión los siguientes gestores:

- Gestor de usuarios: actualiza la base de datos de los usuarios registrados en la revista electrónica por un lado, y la base de datos de miembros de la Asociación por otro cuando la comisión de miembros y difusión confirme que el usuario ha llevado a cabo los trámites pertinentes.
- Gestor de noticias y eventos: actualiza las noticias, eventos y calendarios cuando la comisión le envía éstos con las correcciones pertinentes.

En segundo lugar, la Comisión de contenido se encargará de la recepción, discusión y publicación de los contenidos de la página.

- Gestor de contenido: actualiza los contenidos en la página previa corrección y/o redacción de éstos por parte de la comisión.

Finalmente, la Comisión de léxico se encargará de estudiar las variantes lingüísticas en referencia al léxico utilizado en el sector según zona geográfica, período histórico y autor de referencia.

- Gestor del glosario: actualiza la base de datos del glosario según los criterios establecidos por la comisión.

Para la creación del espacio virtual el autor de este proyecto ha llevado a cabo las ta-

reas de todas las comisiones y gestores anteriormente descritos, bajo la supervisión de los tutores Montserrat Bosch González y Joan Ramon Rosell i Amigó (éste último miembro fundador de la Asociación), y del presidente de FICAL el señor Joan Mestre Ramis.

3.6. Presupuesto estimado de los trabajos

Para realizar un presupuesto estimativo del coste que supone la creación de un espacio virtual de estas características, debe tenerse en cuenta que el importe mayor se produce en la fase de creación, y que posteriormente tan sólo hay que tener en cuenta los costes de mantenimiento. Las tablas 3 y 4 recaban las actividades, el tipo de pago y los costes de éstas en cada una de las fases.

Durante el proceso de creación de una página web, lo más habitual es contratar a una empresa que realice el diseño y la gestión de contenidos, que son redactados por el cliente y es el que decide como clasificarlos. Este primer proceso suele realizarse mediante un pago único donde se incluyen la mano de obra del diseño de la página, así como de la gestión de contenidos, el coste de las licencias de programas, la asesoría legal y los servicios de contratación de un servidor y un dominio propios por el plazo de un año.

Los precios oscilan según el tipo de página a realizar. Si se trata de la página de una

empresa donde los contenidos son estáticos y tan solo quieren anunciar sus productos de forma virtual suele costar entre 1000 y 3000 euros.

Si en cambio se pretende realizar una página donde se prevén actualizaciones, tales como noticias, eventos, la gestión de usuarios registrados o un foro, los precios oscilan entre los 3000 y 5000 euros.

Cuando la página se encuentra operativa, solamente deben tenerse en cuenta los costes de mantenimiento. Esto plantea tres opciones entre las que puede decidir el cliente.

La primera consiste en contratar un servicio de gestión de la página. Éste suele cobrarse en función de las horas dedicadas. Es decir, no cuesta lo mismo colgar una noticia que crear una aplicación nueva en la web o redistribuir los contenidos publicados.

La segunda opción es asignar ese trabajo a un miembro de su personal contratado.

La tercera solución es la que resulta más económica. Se trata de aprender a utilizar el sistema de gestión y ser el mismo cliente quien realice las actualizaciones y la gestión de su página. De este modo, tan sólo se asumen costes de mantenimiento en caso que tenga que realizarse un cambio en el diseño o en una sección de importancia, donde se requiera personal especializado. (Verigofreeware, 2010)

Tabla 3. Coste de producción durante la creación del espacio

Actividad o producto	Costes asociados	Tipo de pago	Coste (euros)
Hosting o espacio en servidor	Alquiler	Anual	75
Dominio	Alquiler	Anual	5
Diseño web	Licencia de programas		
	Filezilla	Gratuito	0
	Apache	Gratuito	0
	Joomla!	Gratuito	0
	Artisteer	Único	129.95
	MySQL	Gratuito	0
	Aplicaciones utilizadas en Joomla!	Gratuito	0
	Asesoría legal	Único	4000
	Mano de obra		
	Mano de obra		
Gestor	Mano de obra		
TOTAL estimado	4000		

Tabla 4. Presupuesto de mantenimiento

Actividad o producto	Costes asociados	Tipo de pago	Coste (euros)
Hosting o espacio en servidor	Alquiler	Anual	75
Dominio	Alquiler	Anual	5
Diseño web	Actualizaciones	Por hora	25*
Gestor	Actualizaciones	Por hora	25*
TOTAL			80 Euros/año*
*Costes adicionales según el volumen de actualización no incluidos			





Capítulo 3. Gestión de la documentación para la realización de los contenidos

“El conocimiento es una aventura incierta que conlleva en sí misma y permanentemente el riesgo de ilusión y de error”.

Edgar Morin

1. Las bases de la investigación bibliográfica

Se entiende por investigación bibliográfica el conjunto de conocimientos y técnicas necesarias para desarrollar las habilidades informacionales que nos llevarán a la investigación, síntesis y redacción de documentos científicos en torno a un tema de interés.

La investigación bibliográfica constituye una introducción necesaria ante cualquier investigación científica, puesto que proporciona el conocimiento necesario para comprender aquellos aspectos que ya han sido estudiados y argumentados por otros investigadores previamente. Por ello, este trabajo constituye un punto de partida para cualquier profesional interesado en conocer la cal como material de construcción en diferentes ámbitos, así como conocer las líneas de investigación existentes en dicho campo.

2. Clasificación de las publicaciones

Texto: obra escrita con fines didácticos, es decir con el objetivo de conferir unos conocimientos a personas que siguen unos estudios dirigidos y de acuerdo con un programa. Por su naturaleza encontrare-

mos en los textos las nociones básicas sobre el tema a desarrollar, y dispondrá de una bibliografía de ampliación para poder continuar con la investigación.

Tratado: obra que resume de forma concisa los conocimientos más precisos sobre una ciencia. En este tipo de publicaciones se reproducen los criterios más comunes sobre el tema objeto de estudio, pero al mismo tiempo dejan entrever un trabajo de examen y crítica sobre dichas doctrinas. Representan la totalidad de los conocimientos sobre la materia que se tienen hasta el momento, permitiendo así al investigador continuar con dicho trabajo, y en muchos casos solamente es comprensible para el lector especializado. Un tratado pierde validez científica en pocos años debido al constante progreso y evolución del mundo.

Monografía: estudio exhaustivo de una rama concreta que forma parte de una ciencia genérica, por lo que resulta de gran utilidad para un especialista interesado en dicha rama.

Revista: publicación periódica sobre una o varias materias que generalmente presenta revisiones más actualizadas que las publicaciones anteriores sobre investigaciones actuales.

Anuarios: estudio y redacción de los progresos que se han efectuado en el periodo de un año sobre un tema específico. Una vez establecidos los diferentes formatos de textos divulgativos existentes que

pueden tratar sobre un tema genérico o una cuestión más específica, puede justificarse la elección del formato en el cual se desarrolla el presente trabajo.

Nuestro objetivo consiste en iniciar la confección de una obra que introduzca a cualquier lector en la cal como material de la construcción mediante textos, que aglutine tanta información como un tratado, ampliable mediante monografías y artículos en revistas y anuarios para los usuarios especializados, pero sin que esto tenga una caducidad, ya que al tratarse de un espacio virtual en constante renovación los especialistas podrán aportar las nuevas ideas, líneas de investigación y resultados que se vayan descubriendo con el paso del tiempo.

Pretendemos por tanto, hacer una publicación apta para todos los públicos que no pierda su veracidad y profundidad de contenido con el transcurso del tiempo como ocurre con las publicaciones tradicionales sino al contrario, que éste se complete mediante una mejora continua.

3. Administración de referencias

Una vez elegido el tema a investigar, el primer paso consiste en realizar una primera investigación a través de los catálogos de la biblioteca para hallar los textos más significativos para iniciar la búsqueda.

Para administrar las referencias bibliográficas en primer lugar deben acumularse, sin necesidad de poseer el documento en sí, y discriminándolas tan sólo por su título y

descripción, tomando la mayor cantidad de referencias posibles.

En este caso, al tratarse de un tema relacionado con la titulación se decide iniciar la consulta en los textos publicados sobre materiales de construcción, seguidos de una consulta al catálogo de bibliotecas de la Universitat Politècnica de Catalunya sobre tratados de ampliación. (UPC, 2010)

Paralelamente, se realiza una búsqueda de monografías y artículos, tanto a nivel nacional como internacional, a través de las bases de datos disponibles en la misma universidad. Las bases de datos utilizadas se detallan en la Tabla 5.

Los datos obtenidos en las búsquedas anteriormente descritas son clasificados y ordenados para ser revisados preferentemente según la fecha de publicación, es decir comenzando por los más recientes.

Esto permite realizar un plan de trabajo mediante el cual se clasifican los diferentes puntos a tratar, así como los distintos niveles de profundidad para cada uno de ellos.

En segundo lugar, las referencias se seleccionan según la calidad de éstas. Mediante la técnica de lectura rápida se determina si su contenido puede ser de utilidad para algún punto del trabajo. De este modo se eliminan la mayoría de las referencias acumuladas, quedando sólo las necesarias

para la elaboración del trabajo. En total se han consultado una treintena de referencias.

En tercer lugar, se incorporan las referencias seleccionadas en los apartados correspondientes del plan de trabajo, para utilizarlas en el desarrollo de cada uno de estos.

Seguidamente, se procede a la confección de las fichas bibliográficas de las referencias seleccionadas. Para ello se utiliza la aplicación Refworks (Refworks, 2010) como gestor de referencias para la presente memoria, y mediante el desarrollo de tablas en Microsoft Office Word se confecciona la bibliografía interactiva de la página web, cuyo proceso ha sido explicado en el apartado 3.3 del Capítulo 3.

Finalmente, se lleva a cabo la redacción de los diferentes textos, cada uno de los cuales pasa por un proceso de corrección y verificación para garantizar la máxima calidad de éstos. El resultado final se muestra en los capítulos siguientes a éste.

Además, también es necesaria la redacción de textos introductorios a secciones que no conciernen específicamente a la cal como material, sino a la Asociación, sus estatutos, actividades o noticias, así como los textos legislativos, que se encuentran compilados en el anexo 2 del presente proyecto.



Tabla 5. Ficha de búsqueda en bases de datos

Base de Datos	Descripción	Idioma	Palabras clave
Google Scholar	La aplicación de Google para la búsqueda de textos académicos, se emplea para búsquedas genéricas.	Català, Castellano, Inglés, Francés	Calç, cal, lime, chaux, morter, mortero, mortar, mortier
Web of Knowledge	Página de difusión del conocimiento científico que dispone de una base de datos en <i>web of science</i> , se emplea para consultas de carácter tecnológico.	Inglés	Lime, materials, nano, mortar technology, hot (lime), puzzolan
Science direct	Se emplea para artículos de carácter científico.	Inglés	Lime, materials, nano, mortar technology, hot (lime), puzzolan
ISOC (CSIC)	Dedicada a Ciencias Sociales y Humanidades, se emplea para búsquedas más orientadas a la historia del arte.	Inglés	Lime, historical, mortars, masonry
ICIT (CSIC)	Dedicada a Ciencia y Tecnología, se emplea para las búsquedas más orientadas al conocimiento sobre materiales.	Inglés	Lime, materials, nano, mortar technology, hot (lime), puzzolan
Iconda	Base de datos alemana que recoge artículos de ámbito europeo relacionados con la construcción.	Inglés, Francés, Alemán	Lime, mortar, hot (lime), tadelakt, historical, masonry
Avery	Base de datos que recoge artículos de arquitectura.	Inglés	Hot lime



Capítulo 4. Contenidos para la difusión de la cal como material

“ Lo que uno cuenta acerca de su pasado le va dando forma a su futuro.”

Eric Ransdell

La cal es, junto con el yeso y el cemento uno de los conglomerantes más usados en la construcción.

Se denominan conglomerantes aquellos materiales que tienen la capacidad de unir químicamente fragmentos de una o varias sustancias entre sí, dando como resultado una pasta cohesiva llamada argamasa o mortero.

En las siguientes líneas, nos referiremos a la cal como concepto general, diferenciando los diferentes tipos existentes en el apartado 2 del presente capítulo.

Hace miles de años que el hombre emplea la cal, descubierta probablemente de forma casual, para la construcción. Hoy en día su uso en la construcción se sitúa en torno al 20%, aunque se concentra prioritariamente en la rehabilitación y la restauración para la conservación del patrimonio arquitectónico. Es por ello que se hace necesario conocer



Fig.20 - Ilustración sobre la vida en Catal Höyük

sus orígenes y su evolución para poder realizar intervenciones utilizando la cal con criterio.

La cal se encuentra en la naturaleza en forma de piedra caliza, que contiene principalmente carbonato cálcico Co_3Ca , lo que llamamos comúnmente cal, y pequeñas proporciones de otros compuestos químicos que se consideran impurezas. Entre éstas encontramos, habitualmente, arcillas compuestas principalmente por óxido de sílice SiO_2 y óxido de aluminio o alúmina Al_2O_3 .

La piedra caliza se calcina para, posteriormente, ser hidratada y hacerla apta para su uso como conglomerante el cual, al carbonatarse, recupera la solidez de la piedra original. Este proceso, denominado ciclo de la cal, explica el proceso químico mediante el cual se trata este material para obtener el producto final apto para la construcción.

Existen diferentes tipos de cal, tanto por su composición como por su presentación o propiedades, que reciben diferentes denominaciones establecidas mediante normativas.

El proceso de fabricación según los tipos de cal es diferente, y ha evolucionado considerablemente a lo largo de la historia, dando lugar a las múltiples aplicaciones que ésta tiene en el ámbito constructivo: desde las técnicas más tradicionales a las más innovadoras.

1. Origen de la cal

La cal ha sido usada como material conglomerante desde hace miles de años. Algunas teorías sostienen que, probablemente, fue descubierta de forma casual al formar parte una piedra caliza de un fuego en un hogar. Durante la noche, ésta debió calcinarse, tomando una textura diferente a la original y al apagar el fuego por la mañana echando agua, debió hervir en su proceso exotérmico de apagado, dando lugar a la primera pasta de cal.

Las aplicaciones que ha hallado el hombre para el uso constructivo de la cal abarcan desde la pintura y el revestimiento a la ejecución de estructuras tomadas con morteros de cal, confiriendo un legado en la historia de la arquitectura que remonta a miles de años atrás.

Encontramos referencias de la cal como material de construcción en diferentes momentos de la historia y a través de distintas culturas:

1.1. Antecedentes

Son pocos los datos arquitectónicos que se conservan de las culturas neolíticas de todo el mundo, pero el trabajo de numerosos arqueólogos e historiadores nos han permitido reconstruir algunos de los hechos más significativos. El dominio del fuego permitió el uso tanto de la cal como del yeso, y fue el segundo el que en sus inicios fue más

utilizado, sobretudo en obras de mampostería. El motivo más convincente es que el aljez o piedra del yeso requiere una temperatura de 120°C para llegar a la calcinación y ser apto para su uso, temperatura muy inferior a la de la cal, que se calcina a unos 850°C .

Una de las más antiguas evidencias del uso de la cal en la construcción la encontramos en las viviendas de la cultura establecida en la península de Anatolia en el año 6000 a.C. en Catal Höyük, Turquía (Fig.20).

El arqueólogo James Mellaart (Coloma, 2008) la describió como una edificación de dos niveles sustentada con pilares de madera revestidos de cal pintada de rojo en cuyas paredes había bellísimos frescos emulando formas animales y una ciudad en la falda de un volcán.

De la cultura de Jericó, coetánea a Catal Höyük, se conservan cisternas que fueron construidas con cal. Un equipo de arqueólogos rusos también descubrió en sus excavaciones en Djeitun, Turkmenistan, al oeste del mar Caspio, algunas viviendas cuyos pavimentos estaban realizados con morteros de cal. Edward Beicon (Gárate, 1993) afirmó que dichas viviendas pertenecían al tercer y cuarto milenio a.C.

En la antigua Mesopotamia también se han hallado restos que atestiguan tanto su fabricación como su aplicación. Por ejemplo,



Fig.21 Fresco del palacio del gobernador Til Barsib

existe un horno de cal del 2500 a.C., y se encuentra cal aplicada en los frisos y frescos hallados en el palacio asirio de Til Barsib en Tel-Ahmar, construido en el siglo XVIII a.C. (Fig.21)

C.L. Woolley, en “Excavations at Ur” también documentó el uso del revoco como revestimiento en las paredes de la ciudad caldea de Ur, en el actual Irak. (Alejandre, 2002)

En otros contextos, como por ejemplo en Sudamérica, durante el desarrollo de la cultura maya entre el 300 y el 900 d.C. se utilizó la cal para el estuco y tinte de los motivos decorativos esculpidos en sus centros ceremoniales. Son testigo de ello Palenque, Chichén Itzá, Copan... ciudades

sagradas de la cultura maya que actualmente pertenecen a México las dos primeras y a Honduras la tercera. Sus sucesores, toltecas y aztecas, también utilizaron estas técnicas.

Así pues, se comprende que la cultura indígena del Perú usaba la cal en la construcción previamente a la llegada de las colonias españolas, sobretodo la pintura de cal para la coloración de frescos y motivos decorativos.

También empleaban la cal mezclada con barro para la estabilización de adobes, igual que los árabes, y mezclaban cal y asfalto para la confección de morteros de mampostería.

En China se descubrió un enorme ejército de estatuas de terracota que custodiaba la tumba imperial de la dinastía Qin, del 246 d.C. Dichas estatuas fueron policromadas mediante cales pigmentadas. También se conoce que en la Muralla China se empleó ampliamente el mortero de cal.



Fig. 22- Fresco hallado en la pirámide de Tebas

La cal es, por tanto, un material que se encuentra en la naturaleza de forma genérica, en diferentes y abundantes zonas del planeta. A pesar de ser extraída en diferentes entornos y culturas, en todas ellas se ha sometido a procesos similares con el fin de ser empleada como material de construcción.

1.2. Evolución

Establecidos los orígenes de la cal como material de construcción, en entornos muy diversos pero con una misma finalidad, nos disponemos a desarrollar la evolución de este material en los periodos históricos y culturas más representativas, desde la antigüedad hasta la aparición del cemento Portland, que destronó la cal como material conglomerante universal.

1.2.1. Egipto, India y Grecia

La cultura egipcia utilizaba el yeso para unir bloques de mampostería y en la técnica del estuco para revestir sus edificaciones. Las tumbas pintadas al fresco en Tebas, del siglo XV a.C. se revestían previamente mediante un enlucido confeccionado con yeso mezclado con cal (Fig.22). En muchos de sus palacios se encontraban acabados coloreados mediante esta técnica y, según Robertson (Alejandre 2002), el hormigón de cal se utilizó para la confección de pavimentos en los templos y palacios prehistóricos y primitivos, como es el caso del

palacio de Cnosos.

Coetáneamente a la caída de Cnosos los griegos ejecutaban frescos en Cadmos, Tebas y algunos fragmentos del palacio de Tirinto, posteriores al 1400 a.C. Por otro lado, también se tienen noticias del uso de la cal en el Palacio de Rusos de Creta, hacia el año 1500 a.C. como enlucido de base para unas pinturas murales. (Arredondo, 1991)



Fig.23- Chamota

En la edad micénica se empleaba la piedra caliza de Argos para la edificación de mampostería en seco, así como el mármol del Peleponeso, de gran blancura y fina granulometría. Estas calizas eran enlucidas mediante finos estucos coloreados para afinar dichos materiales pétreos, de los cuales se han encontrado restos en Sicilia y Paestrum, aunque no fue hasta el segundo milenio a.C. que se confeccionaron revocos que imitaban el rejuntado de sillares, entre otros elementos arquitectónicos, tal y como se observa en las edificaciones de Thera y Delos.

En Thera se utilizaba una mezcla de cal y arena con polvo volcánico procedente de la isla de Santorini, mediante el cual se obtenían morteros hidráulicos. También se usaban la teja o el ladrillo picado, llamado "chamota" (Fig.23), como tinte para revestimientos interiores, lo que proporcionaba al revestimiento propiedades hidráulicas.

El primer empleo de chamota conocido se efectuó en la construcción de los aljibes de Jerusalén durante el reinado de Salomón en el siglo X a.C., por parte de los obreros fenicios que ejecutaron su templo, quienes ya conocían las propiedades de las puzolanas artificiales.

También en la India, las pinturas murales se realizaban en varias capas, diferenciando el enfoscado (la capa más gruesa de nivelación) del revoco enlucido o capa receptora de la pintura.

El enfoscado se efectuaba mediante una capa de arcilla y fibras vegetales o animales a las que se les añadían varias capas de tierras, arena, polvo de ladrillo o conchas (es decir, puzolanas) y cal. Nivelada la pared, se procedía al enlucido, es decir la adición de adhesivos: cera, goma, resina, azúcar, jugos de plantas, aceites o colas, y se finalizaba el proceso con un pulido para la recepción de la pintura. Ésta última no era una técnica al fresco, como en las culturas mencionadas anteriormente, sino una pintura a la ténpera en seco.



Fig. 24- Fresco en Rajasthan, India

En Rajasthan, en cambio, sí que se empleaba una técnica muy particular de pintura al fresco (Gárate, 1993) basada en un revoco de polvo de cal o mármol y arena en proporción 1:2, con aditivos como fibras vegetales de limo, pelaje animal o corteza de arroz. Se aplicaban con talocha sobre la pared húmeda para consolidar y nivelar el paramento y se repetía el proceso hasta lograr un grueso de entre 1 y 3cm y se dejaba secar (Fig.24).

Seguidamente se preparaba el enlucido, a partir de un compuesto de cal a la que se añadía leche ácida o caseína en proporción 75:1 y se guardaba bajo agua durante un día. A continuación se colaba y se volvía a añadir agua, repitiendo el proceso hasta lograr una mezcla homogénea donde la cal se volvía más pura y blanca mediante el batido de la mezcla.

Finalmente se pulía con piedra el paramento de soporte y se aplicaban dos o tres estratos, cada uno de ellos seguido de un pulido, y el último de ellos se pulía con piedra ágata para lograr un acabado más fino. Sobre este pulido final se aplicaban, con goma y pintura, los colores básicos me-

diente pincel y una pequeña llana de madera o talocha. Una vez finalizado el proceso de pintado, se trataba la superficie mediante una llana de madera y se procedía a un lavado mediante un trapo impregnado de leche de coco. Para acabar, se pulía la pintura con ágata dejándola secar lentamente. A esta técnica se la conocía como “fresco lustro”, por la brillantez del pulido en las pinturas.

1.2.2. El Imperio Romano

La civilización romana realizó muchos avances tanto en la fabricación como en la aplicación de la cal, expandiendo además estos conocimientos por todo el Mediterráneo. El pueblo romano llegó a conocer con precisión el proceso de fabricación de la cal y seleccionaba las materias primas con gran cuidado, además de estudiar de forma rudimentaria las propiedades de la cal después de haberse calcinado. (Vázquez et al. 1993)

Catón, en “De re rustica” tratado del siglo II a.C., mencionaba el *Opus caementicium* describiendo la construcción *ex calce et ce-*

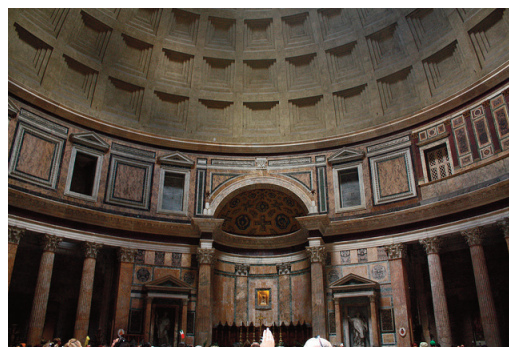


Fig. 25- Panteón, Roma

mentis.

La introducción de los morteros de cal en la construcción romana, proviene de las técnicas aprendidas de las colonias griegas, y aunque su datación es poco precisa, se sabe que se utilizó en los dos últimos siglos de la república, es decir durante los siglos II y I a.C. El uso de la cal se generalizó y aplicó rápidamente (Fig.25), destronando a los sistemas tradicionales de mampostería romana en seco aprendidos de los griegos, tales como el *Opus quadratum*, *Opus Latericum* y el *Later crudus* (Fig.26).

El referente en arquitectura romana y la guía básica para la construcción durante siglos fueron los “Diez libros de arquitectura” de Marcus Vitruvius Polio, traducidos a diferentes idiomas y retraducidos a partir de otras traducciones con más o menos acierto. Se da así el caso de la traducción que realizó Perrault (Perrault, 1761) de la obra de Vitrubio, a la que añadió imágenes de diferentes opus según las interpretaciones que realizó de los textos, algunas de las cuales eran erróneas. De este modo, legó a sus traductores en otros países un error histórico en cadena que tardó siglos en arreglarse (Moreno-Navarro, 1993).

Vitrubio (Alberti, 1582) estudió los elementos y técnicas constructivas conocidas en el imperio, así como las órdenes arquitectónicas y el estudio de materiales. Estableció las dosificaciones más habituales, las cua-

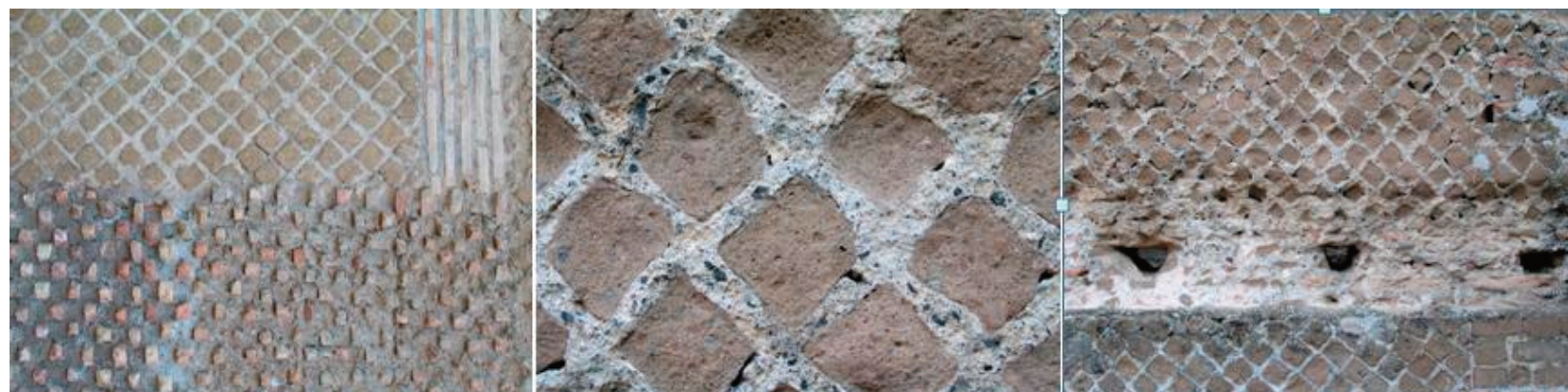


Fig.26- Opus en Villa Adriana, Tívoli, Italia

les variaban según la procedencia de la arena: de mina o de río, además de aportar especificaciones sobre la calidad de los materiales a utilizar. Además, mencionaba el empleo de aditivos ya utilizados por otras civilizaciones como las cenizas volcánicas o la chamota, a las que se llamaron puzolanas por el origen de la roca volcánica romana que se extraía de los yacimientos de Puzzoli, Nápoles.

“La arena que se halla junto a Nápoles llamada puzolana es muy propia para la argamasa, mezclada con la cal. No solamente en los edificios ordinarios sino también en el fondo del mar toma cuerpo esta mezcla y se endurece admirablemente.” (Perrault, 1761)

Los romanos experimentaron la adición de arcilla cocida a la cal creando así morteros de cal hidráulica. Debido a sus conocimientos, los morteros romanos tenían una gran calidad, y se utilizaban tanto para cubrir mamposterías de las paredes como de hormigón, utilizando paredes de ladrillos como encofrado y compactando dicho vertido me-

dante mazas para reducir la cantidad de aire ocluido.

Pese a la leyenda del uso de aditivos tales como las caseínas, los aceites y la albúmina que conferían la excepcional calidad de los morteros romanos, el verdadero secreto era su cuidadosa elaboración, el perfecto cocido de la cal, un buen apagado, la homogeneidad en las dosificaciones y los conocimientos para la realización de una buena ejecución. Todo ello ha permitido que miles de años después permanezcan los monumentos.

Vitrubio estableció especificaciones para el uso de la cal en morteros, enlucidos y carreteras. Se supone que respetando estas especificaciones se construyó la Vía Apia, cuyo pavimento de 90cm de espesor, contiene cal en tres de sus cuatro capas. Algunas vías travesaban zonas ricas en piedra caliza, de la que procedía la cal con la que se realizaron las construcciones romanas, como es el caso de la vía que atraviesa la población de Zone, Italia, de gran tradición en la fabricación de la cal.

Pero seguramente la mayor contribución de los romanos a la tecnología de la cal fue la adición a la cal viva de cenizas volcánicas ricas en sílice, con lo cual se obtenía un material que fraguaba bajo el agua, a diferencia de la cal viva sin aditivo que solo fraguaba en contacto con el agua.

Los romanos también utilizaron las propiedades de la cal para revestir los muros de sus edificaciones, tal y como muestran los restos encontrados en Pompeya y Herculano. Vitrubio describió el proceso de superponer tres capas de mortero de cal y posteriormente tres de *marmorino* o estuco de mármol, posteriormente pintado al fresco o en algunos casos, si el mortero ya había secado, pintado *in secco* mediante témperas. Se sucedieron cuatro estilos en el mundo pompeyano, que se iniciaron con el mimetismo de la sillería helenística y fueron tomando formas murales más decorativas mediante la adición de frescos y el juego de perspectivas que se conocería posteriormente como trampantojo o *trompe d'oeil*.

1.2.3. Bizancio

Bizancio, o el Imperio bizantino es como se denomina desde el siglo XVIII al Imperio romano de Oriente. Debido a su común origen, la arquitectura bizantina es heredera de la arquitectura romana, así como de la paleocristiana. Destaca por su tendencia al uso del ladrillo como material de construcción, a pesar de ser habitualmente revestido tanto el trasdós como el intradós de sus muros. Su innovación más característica fue la cubierta abovedada con su base sobre pechinas.

Tanto en la construcción de muros de fábrica como de bóvedas, los bizantinos utilizaron gruesas llagas de mortero que se conservan en la actualidad, a pesar de haber sido construidas entre los siglos III y XIII. Para la confección de dichos morteros se utilizaba, además de agua, cal y arena, además de fragmentos de ladrillo de un centímetro de diámetro y polvo del mismo.



Fig. 27- Violet Le-Duc

El resultado era un mortero de aspecto rugoso, aplicado en capas de 3 a 4 centímetros. Para evitar los asientos se añadía al mortero piedras del mismo grosor que éste, distribuyendo así las presiones y eliminando los asientos que se pudiesen producir antes del fraguado. Este sistema en cambio, no estaba adecuadamente protegido de las erosiones debidas al viento y la lluvia.

1.2.4. Edad Media

La Edad Media es conocida como la edad oscura en muchos aspectos históricos y culturales. No es así en el campo de la arquitectura, ya que ésta época supuso la culminación del arte de la monea, desde el románico hasta el gótico más esbelto y decorado de las grandes catedrales europeas. Se reconoce en cambio, que en las construcciones domésticas de la época destacaron la pobreza de materiales y la baja precisión constructiva que se reservaba para las obras religiosas y militares. Por ello, no se conocen grandes mejoras técnicas que se dieran en dicha época en cuanto a los morteros y revestimientos realizados mediante cal.

Violet-Le Duc (Le Duc, 1856) fue un racionalista francés que promovió la restauración para la recuperación del patrimonio arquitectónico. Se dedicó principalmente a la restauración de conjuntos arquitectónicos medievales como la cité de Carcasone, y realizó por ello una investigación crono-

lógica sobre la evolución de los morteros medievales (Fig.27).

Entre los siglos IX y XI la calidad de los morteros era muy mediocre, aunque se mantuvo la adición de chamota. Estos fragmentos de tierra cocida aumentaban la porosidad del mortero facilitando así un proceso de carbonatación más rápido. Por otro lado, al tratarse de arcillas podrían aportar hidráulidad al mortero, pero esta cualidad dependía del tipo de arcilla y la temperatura de cocción, por lo que dicha adición no suponía una mejora significativa a la calidad del mortero.

Violet-Le-Duc encuentra a partir del siglo XI morteros de mayor calidad, debido a la realización de mezclas más homogéneas que en los anteriores. Se continuaba utilizando chamota para aumentar la porosidad del mortero, pero también se utilizaba para el mismo fin el carbón de madera.

Y se da la circunstancia que, al inicio del siglo XII, parece que se restringió la utilización de cal y arena a los constructores por motivos económicos, por lo que se añadió tierra a las mezclas dando como resultado morteros mucho más pobres que los anteriores.

A finales de la Edad Media se produjo un cambio en la construcción popular, a consecuencia de los numerosos incendios producidos durante los siglos anteriores debido



Fig. 28- Esgrafiado segoviano, Alhambra, Granada

a la pobreza de materiales. Para luchar contra este peligro se llevó a cabo un paulatino cambio hacia la construcción popular mediante piedra, metodología que no fue generalizada hasta el siglo XVII.

En el contexto español, la influencia del arte islámico supuso una aportación específica en cuanto a los revestimientos y ornamentaciones arquitectónicas.

Además de los motivos decorativos y la singular arquitectura islámica, heredamos el estuco "andalusí" compuesto mediante mortero de cal, yeso y polvo de mármol. El mortero de cal constituía la base del estuco, el yeso permitía realizar las complejas superposiciones geométricas de esta cultura debido a su largo tiempo de fra-

guado, y el agua de cal pigmentada daba lugar a una colorimetría muy variada. Son un claro ejemplo de ello las construcciones árabes que se encuentran en Andalucía, de entre las cuales destaca la Alhambra (Fig.28). Ésta está siendo actualmente restaurada por la escuela de artes y oficios de Albaicín.

1.2.5. Renacimiento y barroco

En el Renacimiento y Barroco destacan los estucos y revocos, y el uso de la cal para estos revestimientos.

Los revestimientos empleados durante esta época se diversificaron en complejidad y color. En Italia, Borromini es un claro ejemplo del uso del relieve de esgrafiados sin la aplicación de color, dando importancia a la majestuosidad del estuco blanco, mientras que en Venecia destacó el uso del color y la superposición de estucados. Así mismo

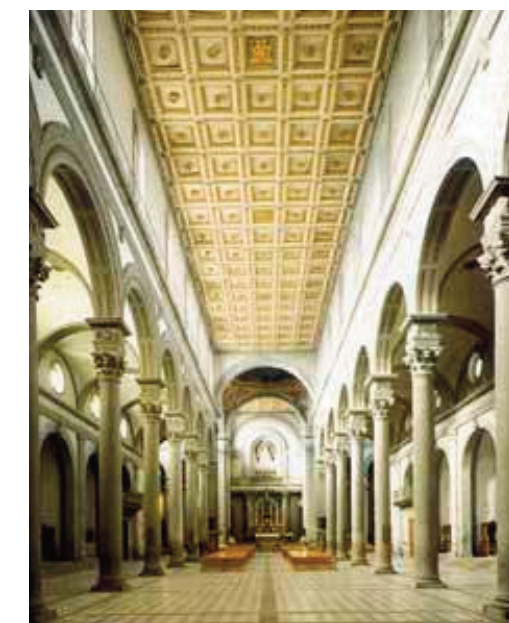


Fig.29 - Basílica de San Lorenzo , Italia

construyó Brunelleschi la Basílica de San Lorenzo que se muestra en la Figura 29.

Otra práctica habitual de la época fue la construcción de todo tipo de elementos estructurales mediante ladrillo, el cual era revestido posteriormente para la imitación de la piedra, que se reservaba para los detalles más refinados. Incluso en Villa Rotonda, de Andrea Palladio, se utilizó el estuco para la realización de los pavimentos. En España la falta de recursos económicos exageraba dicha práctica, encontrando una considerable pobreza en los materiales de construcción utilizados, así como innumerables *trompes d'oeil* en las fachadas de la época.

Son también conocidos los frescos renacentistas, como los que todavía hoy decoran la capilla Sixtina en el Vaticano (Fig.30)

En el Barroco europeo del siglo XVIII toman importancia los revestimientos interiores, tanto los muros como los complejos techos decorados mediante frisos de madera pintada, escayola, estuco, pinturas murales y telas, modificando la percepción del espa-



Fig 30- Detalle de fresco Capilla Sixtina, Miguel Ángel

cio arquitectónico y las perspectivas.

En el siglo XVIII se generalizó el uso de imitaciones italianas de mármol mediante estuco coloreado para las decoraciones interiores de las ricas viviendas europeas. El complejo estilo Rococó iniciado en Francia fomentó todavía más el uso de imitaciones en los estilos interiores.

Destacan en el ámbito español los esgrafiados catalanes, derivados de la arquitectura italiana barroca, con un gran auge durante los siglos XVII y XVIII. No será hasta el siglo XIX que se culminarán dichas técnicas en las fachadas modernistas, donde desaparecerá el esgrafiado en puntos localizados de la fachada y se realizarán esgrafiados continuos de mimetismo textil en toda la fachada.

1.2.6. Edad moderna y contemporánea: de la consolidación de los aglomerantes hidráulicos a la aparición del cemento Portland.

En los bosquejos históricos de numerosos autores de tratados de construcción (Cañuñas, 1974); (Orús, 1948); (Gomà, 1979) se atribuye el descubrimiento de los aglomerantes hidráulicos a Smeaton, Vicat y sus coetáneos en el siglo XVIII. Es bien sabido, por lo comentado anteriormente, que desde los fenicios hasta el imperio romano conocían las propiedades de la adición de componentes arcillosos a un aglomerante calcáreo. Si bien es cierto que no se encuentran notables referencias en los poste-

riores siglos, los restos arquitectónicos de dichas culturas demuestran este conocimiento.

Por tanto, se conocen las propiedades puzolánicas de algunos materiales y la hidráulidad que aportan las arcillas a los morteros de cal desde el neolítico, pero durante la edad media y hasta el siglo XVIII no se utilizan, y parece que Vicat y otros científicos de la época realicen un descubrimiento completamente novedoso cuando las ruinas atestiguan lo contrario.

Se atribuye este hecho a la influencia de los tratados de construcción romana, sobre todo Vitrubio, quien insistía en la pureza de la caliza, lo que llevó a desechar posteriormente cualquier caliza con contenido arcilloso. Éste constituye, en mi opinión, una cuestión más de error de interpretación, ya que partiendo de una caliza pura puede añadirse como aditivo cualquier otro material, y un concepto no se contradice con el otro. También es sabida la frecuencia con la que un tratado reproduce las ideas de un antecesor, destacando lo más importante según los criterios de su época. De este modo, va perdiéndose y modificándose la información por no acudir al texto original.

Además, debemos tener en cuenta que, a pesar que los tratados de construcción desde Vitrubio aconsejen el empleo de la cal "más pura", cada pueblo, ciudad o región calcinaban la piedra caliza que encon-

traran disponible en su entorno, ya fuese más o menos pura, excepto en la confección de enlucidos en los que se reservaba aquella que se consideraba la mejor cal.

En cuanto a lo que denominaremos re-descubrimiento de los aglomerantes hidráulicos, éste se remonta a 1765 cuando se encargó a Smeaton la construcción del faro de Eddyston (Gárate, 1993), y éste se propuso encontrar una cal que pudiera "resistir al agua del mar". Experimentó con calizas de Avertan y mediante análisis químicos que demostraban la presencia de arcilla concluyó que las inclusiones de impurezas arcillosas en la caliza debía ser uno de los factores que conferían a ésta propiedades hidráulicas.

Posteriormente, hacia 1812, Louis Vicat estudió las mezclas de calizas puras y arcillosas, y definió el índice de hidráulidad de una cal, que depende de su composición, así como de las temperaturas y duraciones de cocción. De este modo creó las primeras cales hidráulicas artificiales, utilizando no sólo calizas con impurezas arcillosas sino añadiendo arcilla a una caliza pura. La hidráulidad se explica más ampliamente en el apartado sobre el ciclo de la cal.

Poco más tarde Joseph Aspdin descubriría el denominado cemento portland, que patentaría en 1824 y que destronaría el uso generalizado de la cal en la confección de morteros para la construcción. Tal y como se comenta en el apartado de cal vs. Ce-



Fig. 31- Joseph Aspdin representación gráfica

mento en el capítulo 7, la cal y el cemento tienen una composición y funcionamiento diferentes, y es importante valorar las ventajas e inconvenientes de su utilización según el caso.

2. Tipos de cal

La piedra caliza, materia prima de lo que conocemos como cal, está compuesta por carbonato cálcico y carbonato magnésico o dolomítico en diferentes proporciones. El carbonato magnésico al calcinarse se descompone formándose óxido de magnesio, el cual retarda la recarbonatación del óxido cálcico dificultando así la elaboración del producto final. Por ello, deben distinguirse las cales de composición cálcica o dolomítica según el porcentaje de magnesio que éstas contienen.

Se denomina cal cálcica aquella cuyo contenido en carbonato magnésico es inferior al 5%. Análogamente, denominaremos cal dolomítica aquella que tenga un contenido en carbonato magnésico entre el 5% y el 30%, ya que en porcentajes superiores no



se contempla para trabajos de construcción. En toda piedra caliza la proporción de carbonato cálcico será mayor a la de carbonato magnésico hasta un máximo del 50% de CO3Ca y un 50% de CO3Mg.

Según la naturaleza de las cales, se establece una segunda clasificación diferenciando las cales aéreas de las hidráulicas.

Se denominan **cales aéreas** aquellas que están constituidas principalmente por óxido o hidróxido cálcico y que tiene la propiedad de endurecerse mediante el contacto con el dióxido de carbono del aire. Se denominan **cales hidráulicas** aquellas que se obtienen de la calcinación de calizas que contienen sílice y alúmina, las cuales confieren al aglomerante hidraulicidad.

La diferencia entre las primeras y las segundas radica en su contenido en elementos arcillosos, los cuales dan a las cales la

capacidad de endurecer en contacto con el agua, es decir hidraulicidad.

Curiosamente, sólo se contempla la proporción de óxido de magnesio en la clasificación de las cales aéreas, las cuales se denominaran cales aéreas **calcicas** (CL) o **dolomíticas** (DL) según el porcentaje que contengan de este componente, tal y como se ha explicado anteriormente.

Las cales calcicas se comercializan como cales **vivas** (Q) (CaO) o cales **apagadas**. Las cales dolomíticas, dada la dificultad de hidratación, pueden subministrarse apagadas, es decir, conteniendo hidróxido cálcico y magnésico, o **semiapagadas**, conteniendo hidróxido cálcico y óxido magnésico.

Por otro lado, diferenciaremos las cales hidráulicas según si éstas deben su hidraulicidad a la composición natural de su

materia prima o si se han obtenido mediante la adición de componentes a la caliza de forma artificial, discriminando así las cales hidráulicas **naturales** (NHL) de las **artificiales** (HL).

En un término medio encontramos productos calcicos a los que se les han añadido materiales hidráulicos o puzolánicos adecuados hasta un 20% en masa, los cuales son conocidos como cales **formuladas** (FL) y se señalizan con la letra Z. Esto supone una contradicción, ya que al poder añadir adiciones no especificadas hasta un 20% y pudiéndose llamar igualmente NHL podemos fabricar un producto cuya base sea cal hidráulica natural a la cual le añadimos un 20% de clínker, formando así un conglomerante cemento-cal que podemos comercializar a nombre y precio de cal hidráulica natural.

Finalmente, las cales también se clasifican según el formato de suministro, ya sea en terrones (lu), en polvo seco (dp), en pasta (pu) o en suspensión o lechada (sl). Por razones evidentes la cal viva no podrá suministrarse en pasta, ya que por definición es un producto deshidratado. Asimismo, tampoco podrán suministrarse en pasta las cales dolomíticas semiapagadas, y tampoco las cales hidráulicas, ya que éstas en forma de pasta fraguarían aun habiendo un exceso de agua debido a sus propiedades anteriormente descritas.

El siguiente esquema resume los tipos de

Tabla 6. Características de la cal calcica

Designación	Notación	Contenido CaO y MgO	Contenido MgO
Cal calcica 90	CL 90	≥90	≤5
Cal calcica 80	CL 80	≥80	≤5
Cal calcica 70	CL 70	≥70	≤5

Tabla 7. Características de la cal dolomítica

Designación	Notación	Contenido CaO y MgO	Contenido MgO
Cal dolomítica 85	DL 85	≥85	≥30
Cal dolomítica 80	DL 80	≥80	≥5

Tabla 8. Características cal hidráulica natural*

Designación	Notación	Cal libre	Resistencia a compresión 28 días (MPa)
Cal hidráulica natural 2	NHL 2	≥15	≥ 2 ≤ 7
Cal hidráulica natural 3,5	NHL 3,5	≥9	≥ 3,5 ≤ 10
Cal hidráulica natural 5	NHL 5	≥3	≥ 5 ≤ 15

Tabla 9. Características de la cal hidráulica artificial

Designación	Notación	Cal libre	Resistencia a compresión 28 días (MPa)
Cal hidráulica 2	HL 2	≥8	≥ 2 ≤ 7
Cal hidráulica 3,5	HL 3,5	≥6	≥ 3,5 ≤ 10
Cal hidráulica 5	HL 5	≥3	≥ 5 ≤ 15

* La notación para una cal hidráulica natural con adición de puzolanas hasta un máximo del 20% según normativa, con una resistencia de por ejemplo 3,5 MPa sería NHL 3,5 Z. A estas cales se las denomina cales formuladas (FL) y pueden realizarse tanto con cales aéreas como con cales hidráulicas (ANCADE, 2010).

cal anteriormente comentados, según la UNE EN 459-1:2002 (Fig.32). Es importante comentar que, aunque en dicho esquema se especifica que la cal dolomítica totalmente hidratada solamente se administra en polvo, también puede suministrarse en pasta.

Según la UNE EN 459-1:2002, las clasificaciones y notaciones de estos productos son las que se describen a continuación, siendo la pureza lo que determina la clase de una cal aérea y su resistencia normalizada el factor de clasificación de una cal hidráulica.

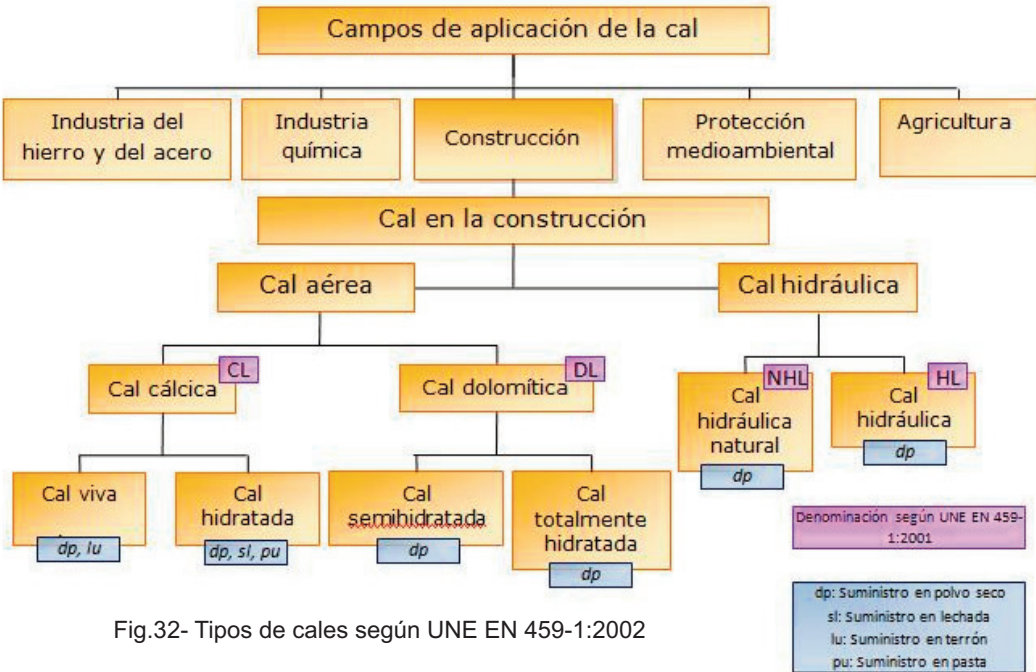


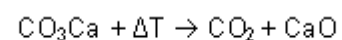
Fig.32- Tipos de cales según UNE EN 459-1:2002

3. Ciclo de la cal

3.1. Conceptos básicos

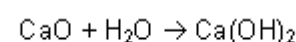
La cal se encuentra en la naturaleza en forma de piedra caliza, que contiene principalmente carbonato cálcico CO_3Ca . Éste, sometido a un aumento de temperatura a unos 900°C teóricos, se descompone químicamente en óxido de cal, liberando a la atmósfera dióxido de carbono mediante

una reacción endotérmica. Esta temperatura de calcinación dependerá también de la presión atmosférica a la que se encuentre la muestra y el contenido de CO_2 presente en el aire.



Obtenemos así el óxido de cal, también denominado cal viva. Se trata de un material

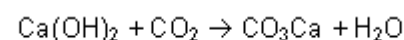
dispuesto en terrones esponjosos de $0,5 \text{ kg/dm}^3$ de densidad aparente y unos $2,3 \text{ kg/dm}^3$ de densidad real (1). El óxido cálcico debe ser extinguido, apagado o matado, añadiendo agua, obteniéndose así hidróxido cálcico mediante una reacción exotérmica que en contacto con tejidos orgánicos produce cauterizaciones.



Se trata de una reacción exotérmica, donde el compuesto aumenta su temperatura típicamente por encima de los 100°C , evaporándose así parte del agua añadida.

Según la cantidad de agua aportada obtendremos cal aérea en polvo, en pasta o en lechada, que se aplicará mediante diferentes técnicas según el caso.

Una vez colocado el compuesto en obra, éste entra en contacto con el dióxido de carbono del ambiente, recarbonatándose y adquiriendo de nuevo la composición de carbonato cálcico.



Esta última reacción se produce muy lentamente. La velocidad de reacción depende de distintos factores como la humedad ambiente, la red porosa del compuesto, etc. Este proceso puede durar horas, días o incluso años. Además, el fraguado no se produce si el amasado está en contacto con el agua debido a la dificultad de acceso del CO_2 . El fraguado también produce una disminución de volumen o retracción que debe tenerse en cuenta.

Briguz y Bru (Briguz, 1738) mencionó un tipo de cal que se producía en la región de Metz, que se caracterizaba por tener un tiempo de apagado inferior, endureciendo en tan solo un año de tal forma, que solo se podía usar en obra como canto. La forma de apagar esta cal era en fosa, cubierta totalmente de arena, echándole agua con la mano, en varias ocasiones. Esta cal se va deshaciendo poco a poco, sin que salga humo. La calidad del mortero que se obtenía era tan buena que éste se empleaba para hacer las cavas y sótanos de Metz (Fig.34).

A estas reacciones se las llama ciclo químico de la cal aérea por ser un proceso en el cual el material de inicio y el resultado final son químicamente idénticos. Alguna de sus propiedades, en cambio, habrán variado durante este proceso.

Cuando la piedra caliza inicial contiene impurezas arcillosas en cantidades superiores al 5, 10 o 20% según los autores, las reacciones químicas que se producen varían respecto a las descritas anteriormente.

A una temperatura aproximada de 700°C se descomponen los silicatos que constituyen la arcilla obteniéndose así óxido de silice (SiO_2).

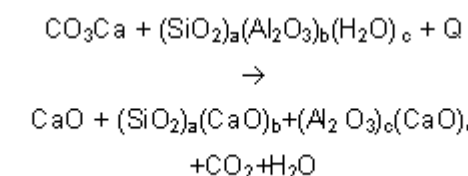
A una temperatura que oscila entre los 850 y los 900°C se descompone el carbonato cálcico (CO_3Ca).

Ay fin embargo de esto una calidad de cal, que no se deshaze como la otra. Tal es la de Metz, y sus contornos, en donde ha sucedido, que algunos no conociendo la cal, la deshazieron, metiendola en fosas, y hoyos, bien cubiertos de arena, y el año siguiente se hallò tan dura, como la piedra; fue preciso romperla, y ponerla en obra, cómo si fue.

LIBRO TERCERO. 127
fuera canto. Para matar esta cal se cubre con toda la arena, que deve entrar en el mortero, y se echa con la mano agua, rociandola muchas vezes, y se va deshaziendo poco a poco, sin que salga humo de ella. Esta cal haze tan buen mortero, que en Metz casi todas las cavas, y foranos se hazen de él, sin otro material, que grueso calcajo de Rio.
En todas las obervaciones, que se han hecho sobre la cal, se ha conocido, que quanto es mas viva, crece mas quando la matan, fufre mas arena, y haze un mortero muy grasso, y jugoso. Si la cal despues de estar muerta se guarda en fosas bien cubiertas de arena, es mejor. La cal en polvo no vale nada, porque se evapora su fal, o muda de naturaleza, de fuerte, que no le dexa la virtud, y fuerza de hazer cuerpo en la mampolteria.

Fig.34- Fragmento del tratado de Briguz y Bru

Aumentando la temperatura de calcinación hasta 1200°C se produciría una reacción entre estos componentes arcillosos y el carbonato cálcico. El proceso térmico deja libres moléculas de óxido de cal mientras que otras reaccionan con los elementos arcillosos, formándose así la denominada cal hidráulica.



Los coeficientes (a, b, c, d) no son constantes, ya que dependen de la proporción de arcillas así como de la composición de éstas en cada caso.

La cal hidráulica tiene la propiedad de fraguar a mayor velocidad que la cal aérea, además de poder hacerlo en contacto con el agua. A esta propiedad se la llama hidraulicidad.

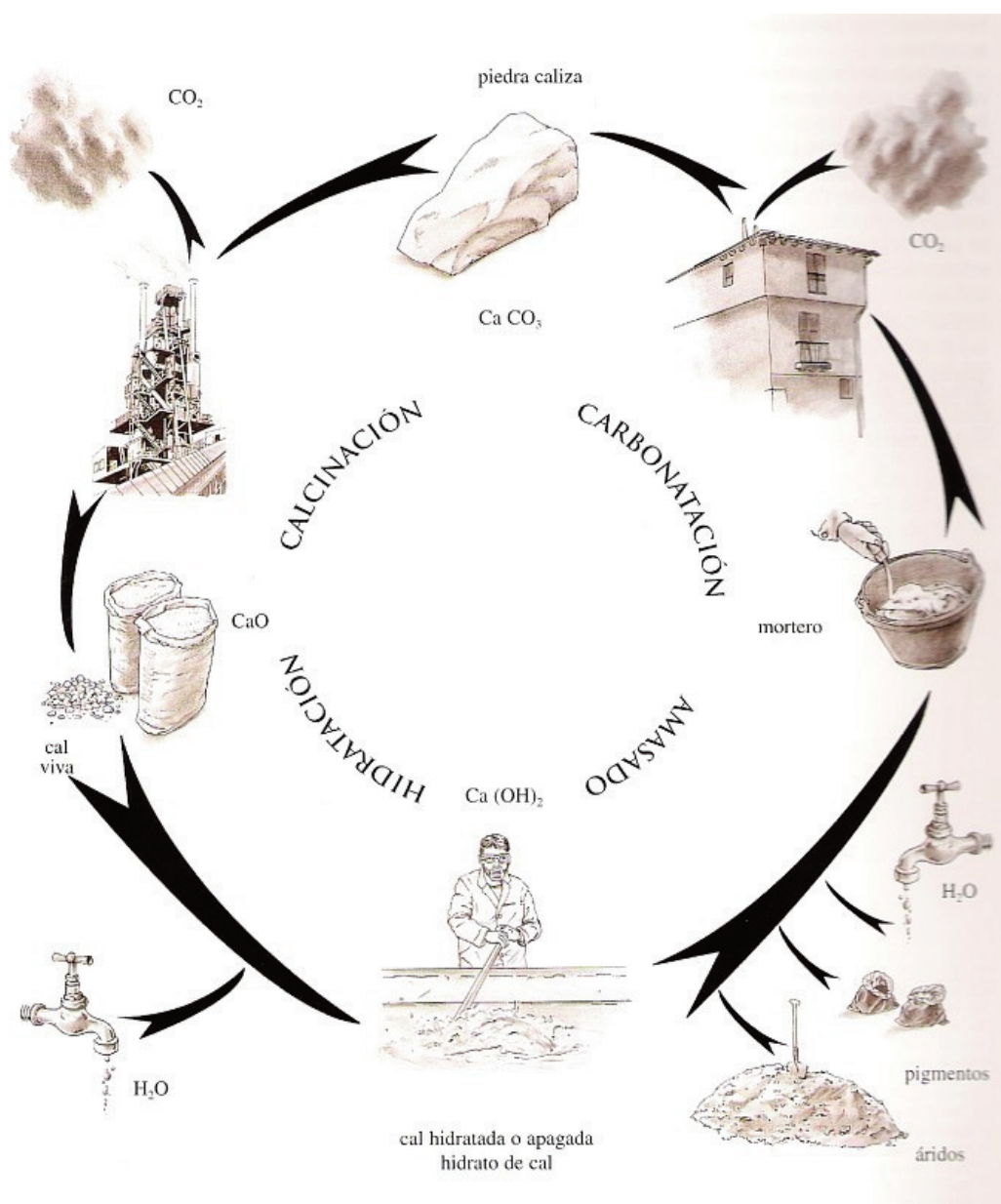


Fig. 33- Ciclo de la cal



El índice de hidraulicidad define numéricamente el grado de hidraulicidad de las cales y constituye la relación en peso de los silicatos, aluminatos y óxidos de hierro respecto al óxido de cal y de magnesio. Se denomina módulo hidráulico a la relación inversa.

$$I = \frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}}$$

Louis Joseph Vicat realizó una clasificación de las cales según su índice de hidraulicidad tal y como se muestra en la Tabla 10 (Vázquez et al. 1993)

Los conglomerantes cuyos índices de hidraulicidad son superiores a 0,5 se consideran cementos naturales.

Por su parte, el ingeniero de caminos P.C. Espinosa (Espinosa, 1859) confeccionó una tabla donde clasificaba las cales según su hidraulicidad y determinaba el tiempo de fraguado aproximado en cada caso. Asimismo, numerosos tratados establecen los tiempos de fraguado de forma más con-

creta para cada tipo de cal. Esta información se resume en la Tabla 11. De éstos últimos cabe resaltar un error de concepto en la fuente de origen que ha sido corregido, ya que denomina las cales medianamente, propiamente o eminentemente hidratadas, refiriéndose a cales hidráulicas. Es importante por ello no confundir las cales hidratadas, es decir, compuestas por hidróxido cálcico (Ca (OH)₂) de las cales con propiedades hidráulicas. También es importante resaltar el hecho que lo que se considera en esta tabla cal límite o cemento rápido no puede denominarse hoy en día cal, ya que como se ha comentado anteriormente si la hidraulicidad es igual o superior a 0,5 se considera cemento.

Como habrán observado, durante el proceso de calcinación de la cal hidráulica se han obviado los demás componentes de la piedra caliza, tanto la magnesita como la dolomita, así como los componentes ferrosos de las arcillas. Ambos vuelven a aparecer cuando se describe el índice de hidraulicidad de Vicat.

Esta forma de proceder se justifica debido a la intención de simplificar las expresiones químicas a la hora de describir el cambio químico producido para la obtención de la cal. El químico chileno Guillermo Coloma (Coloma, 2008) utiliza una notación más acertada en sus escritos, denominando “Elemento metálico” el compuesto de la piedra caliza a utilizar, independientemente de su composición en carbonatos cálcicos y magnésicos. De este modo, se mantiene la simplicidad en la formulación sin perder la rigurosidad científica en la explicación.

3.2. Termodinámica y cinética del proceso

Los procesos químicos que se desarrollan durante la cocción se determinan en diversos grados por el aporte de calor generado por la combustión, transferencia de calor del horno al material de cocción y el transporte de gas y la materia. La descomposición hacia la cal viva es un proceso fuertemente endotérmico, es decir, requiere una cantidad considerable de energía térmica con el aumento de la temperatura en el material de cocción, y consta de una serie de procesos físicos y químicos, sobre todo interconectados entre sí. En la combustión, el carbonato de calcio se disocia en óxido de calcio y dióxido de carbono, como ya se ha comentado anteriormente, dando lugar a una liberación de anhídrido carbónico en un 44% en peso, con respecto al carbonato de calcio de origen. Esta liberación forma teóricamente una porosidad

Tabla 11. Contenido de las cales y fraguado

Designación	% Impurezas	Tipo de impureza	Índice hidráulico	Tiempo de fraguado en el agua
Cal común, Cal grasa	<5.3	Si, Al	0.0-0.10	No
Cal Árida, Cal Magra	8-12	Si, Fe, Mn, Mg	0.10-0.16	16-30 días
Cal Dolomítica	13-17	Mg	0.0-0.10	No
Cal medianamente Hidráulica	18-20	Arcillas, Mg, Mn, Fe	0.16-0.31	10-15 días
Cal Hidráulica	20-25	Arcillas, Mg, Mn, Fe, SiO ₂ preponderante	0.31-0.42	5-9 días
Cal eminentemente Hidráulica	25-27	Arcillas, Mg, Mn, Fe, SiO ₂ preponderante	0.42-0.50	2-4 días
Cal límite o cemento lento	25-36	Arcilla	0.50-0.65	1-12 horas
Cemento rápido	37-65	Arcilla	0.65-1.20	5-15 minutos

del 52% aproximadamente respecto al volumen de piedra caliza de base. A partir del estudio termodinámico de la reacción de disociación térmica del carbonato de calcio, se deduce que la temperatura teórica de la disociación de la calcita es de 896 ° C a una presión de 1atm.

En la práctica industrial se opera a presión atmosférica, para evitar dificultades constructivas y de funcionamiento de los hornos. El material a cocer es atravesado por una corriente gaseosa constituida por los gases de combustión, que se utilizan para recalentar del material. Estos gases contienen dióxido de carbono en un porcentaje de alrededor del 30% en volumen y por lo tanto unas 0,3 atm de presión, que corresponden a una temperatura teórica de aproximadamente 820 ° C. Debido al efecto de la corriente gaseosa que exporta continua-

mente el dióxido de carbono, la descomposición de la caliza puede efectuarse a dicha temperatura. En la práctica, sin embargo, se opera a una temperatura más alta, por lo general entre 850 y 1150 ° C, para aumentar la velocidad de descarbonatación, reduciéndose así el tiempo de residencia en el horno.

En cuanto al aspecto cinético de la calcinación de la cal, puede observarse que el curso de la reacción de disociación del carbonato de calcio se produce en un frente de descomposición dentro del cual se encuentra el núcleo sin disociar de carbonato de calcio. Esquemáticamente un pedazo de piedra caliza se puede representar como una esfera: durante la cocción el calor se transmite del ambiente del horno a la superficie externa de la esfera y esto se va extendiendo hacia el interior.

Tabla 10. Hidraulicidad según el tipo de cal

Tipo	Índice de hidraulicidad
Cal aérea	0,0 a 0,10
Cal débilmente hidráulica	0,10 a 0,16
Cal medianamente hidráulica	0,16 a 0,31
Cal hidráulica normal	0,31 a 0,42
Cal eminentemente hidráulica	0,42 a 0,50

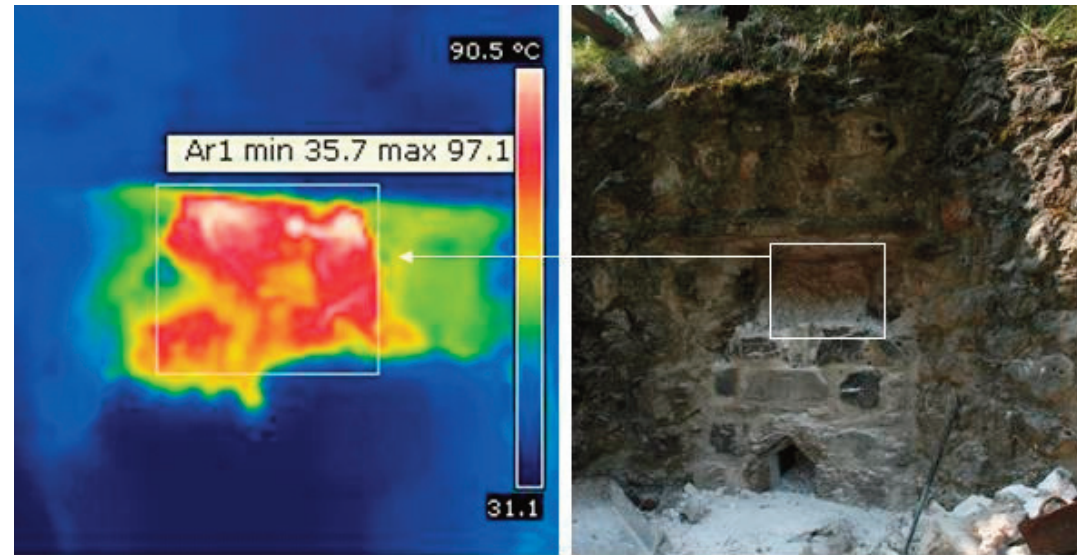


Fig.35- Termografía de la zona de descarga de un horno, Zone, Italia

Al mismo tiempo, el frente de descomposición se desplaza de la superficie externa de la esfera hacia el centro de la misma a una cierta velocidad y el dióxido de carbono es liberado al medio ambiente, a través de los huecos que ha creado. La transformación del carbonato en óxido de calcio se desarrolla a través de las siguientes cinco etapas, tal y como muestra la Figura 31, donde d_{po} es el diámetro inicial, y la diferencia de éste con el diámetro del núcleo aún sin reaccionar o d_{pf} supone el grueso de cal calcinada. (Rattazzi, 2007)

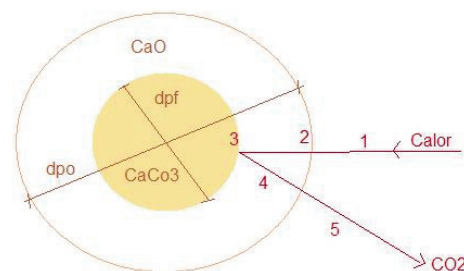


Fig. 36- Calcinación de la piedra caliza según Andrea Rattazzi

1. La transmisión del calor del ambiente hacia la superficie de la partícula, sobre todo por convección.
2. Conducción del calor a través de la capa ya disociada (CaO) a la zona de la reacción.
3. Reacción química en la zona de reacción, con la cantidad de consumo y el calor resultante se desarrolla el dióxido de carbono, así como la formación, crecimiento y recristalización del óxido de calcio.
4. La difusión de dióxido de carbono a través de la capa porosa de óxido de calcio a la superficie externa de las partículas.
5. El transporte de la materia (CO_2) de la superficie externa de las partículas al ambiente.

La velocidad global del proceso depende de la de cada una de estas etapas, y los principales factores que influyen son:

- Temperatura alcanzada por la piedra caliza
- El tamaño y la forma de la piedra caliza
- La densidad de la piedra caliza
- El coeficiente de transmisión de calor de la piedra caliza
- El coeficiente de conductividad térmica de la cal viva
- La presión parcial, ya sea de equilibrio o actual, del dióxido de carbono
- La densidad del gas del horno
- La proporción de carbonato de calcio en el material calcinado

No obstante, como ya se ha comentado anteriormente, la piedra caliza no suele encontrarse de forma pura en la naturaleza, y lo más habitual es encontrarla combinada con carbonato de magnesio, también denominada dolomía.

Del estudio termodinámico del carbonato de magnesio al producirse la reacción térmica se puede deducir que la temperatura a la que la presión parcial de dióxido de carbono alcanza el valor de equilibrio con 1atm es 623K, es decir 350 ° C. Para el carbonato de calcio y magnesio que encontramos habitualmente en la naturaleza, la temperatura teórica en equilibrio termodinámico en la cual la presión parcial de dióxido

de carbono alcanza 1atm es alrededor de 730 ° C, y el material resultante tiene una porosidad teórica del 56%.

4. Normativa aplicable

La normativa aplicable a las cales como materiales, son las que se detallan a continuación.

- UNE-EN 459-1:2002 Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.
- UNE-EN 459-2:2002 Cales para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 459-3:2002 Cales para la construcción. Parte 3: Evaluación de la conformidad.
- UNE-EN 459-1/AC:2002 Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.

El último boletín publicado el pasado mes de enero de 2011 del Fórum Italiano della Calce (Forumcalce, 2010) se comenta la existencia de una nueva norma UNE sobre la cal posterior a 2002, pero parece que todavía no se encuentra traducida y vigente en España.

5. Fabricación

5.1. Materias primas

La materia prima para la fabricación de la cal es la piedra caliza, que, cuando es pura, está constituida por carbonato cálcico con un 56% en peso de CaO y un 44% de CO_2 .

Las calizas suelen tener impurezas casi siempre de arcillas y otras sustancias como sulfuros, álcalis y materias orgánicas. Al realizarse la cocción algunas se eliminan volatilizándose o permanecen en pequeñas cantidades, que apenas influyen en la calidad del producto.

La arcilla es la principal impureza que poseen las calizas y determina la hidraulicidad de las mismas.

La fabricación de la cal comprende, en síntesis, el arranque de la piedra caliza del yacimiento, la calcinación y el apagado.

5.2. Explotación de las canteras

Puede explotarse en galería o a cielo abierto. Ésta última es la más usual en España.



Fig.37- Canteras de caliza, Cordillera Cantábrica

Se efectúa en primer lugar un desmonte-
rado consistente en la extracción de las tie-
rras de labor que eventualmente cubren los
yacimientos calizos. Se abre luego el frente
de explotación mediante las operaciones
de perforación y barrenado.

El arranque de la piedra se realiza emple-
ando explosivos. Como resultado de la ex-
plosión se obtienen grandes bloques que
hay que reducir a un tamaño comprendido
entre los 5 y los 10cm para hacerlos mane-
jables. Esta operación también se puede
realizar mediante explosivos.

Posteriormente el producto se transporta a
fábrica, por el medio más apropiado, que
suele estar próxima a las canteras, ya que
estas industrias suelen ser de corto radio
de acción.

Como se ha comentado anteriormente, la
cal es un material que se encuentra en la
mayor parte de la geografía mundial, so-
lamente en forma de piedras calizas en las can-
teras sino también en otros formatos. Bri-
guz y Bru (Briguz, 1738) comentaba en su
obra que en Francia la cal se fabricaba con
cantos de río así como en algunas zonas
en España, como Granada, se obtenía de
los guijarros de los ríos.

Resaltaba como caso particular los Heduos
que, como otras zonas costeras, no dispo-
nían de rocas calizas y por tanto fabricaban
cal con las conchas, no siendo la materia

obtenida tan dura como la cal que proviene
de los guijarros o las canteras.

5.3. Trituración

Antes de introducir el producto en los hor-
nos es necesario el machaqueo, el cual
puede ser seguido por una molienda según
el tipo de horno del que se disponga. Esta
fase puede realizarse en cantera o en fá-
brica. En los hornos tradicionales se proce-
día con escrupuloso orden en la elección
de los tamaños de las piedras para su co-
locación en el horno, tal y como muestra la
figura 38. Los hornos continuos modernos,
que se describen más adelante, se suelen
alimentar de un tamaño constante de pie-
dra que es fruto del equilibrio entre diver-
sos factores como la temperatura del
horno, el tiempo de estancia en su interior,
el precalentamiento, el tiraje por convec-
ción de los gases, etc.

5.4. Calcinación

El calor que se suministra a la caliza para
su transformación produce un primer
efecto que consiste en la evaporación del
agua de cantera. Posteriormente sigue au-
mentando la temperatura hasta conseguir
la descomposición de la caliza.

Se pensaba que el calor empleado para
evaporar el agua de cantera era calor per-
dido, pero Gay Lussac demostró que la
presencia de agua y del vapor por ella pro-
ducido facilita el proceso de disociación
(Vázquez et al. 1993).

El carbonato cálcico se disocia a una tem-
peratura de 898°C a presión atmosférica. El
tiempo de esta operación es algo largo si lo
comparamos con el tiempo que se necesita
para alcanzar temperaturas más altas, pero
cuanto más próxima sea la temperatura mí-
nima requerida mayor será la calidad de la
cal. La temperatura más corriente para la
fabricación de la cal aérea es de 1050 a
1100°C.

Las cales hidráulicas comienzan su des-
composición a 700°C, que es cuando la ar-
cilla comienza a disociarse. A los 1100°C
comienzan a formarse los silicatos y alumi-
natos de calcio. El proceso de calcinación
debe realizarse con marcha rápida y aspi-
rando CO₂, tanto para facilitar la combus-
tión como para impedir la recarbonatación
de la piedra ya calcinada.

5.5. Hornos

La transmisión de calor depende de la su-
perficie de contacto, por lo que la piedra
debe tener un tamaño mínimo.

Si son piedras gruesas se necesitará más
combustible y su núcleo no quedará bien
cocido, formándose así los caliches. Las
piedras pequeñas en cambio dejarán poco
espacio para producir un tiro adecuado que
lleve el CO₂ al exterior, pudiéndose produ-
cir así una reversión en la reacción.

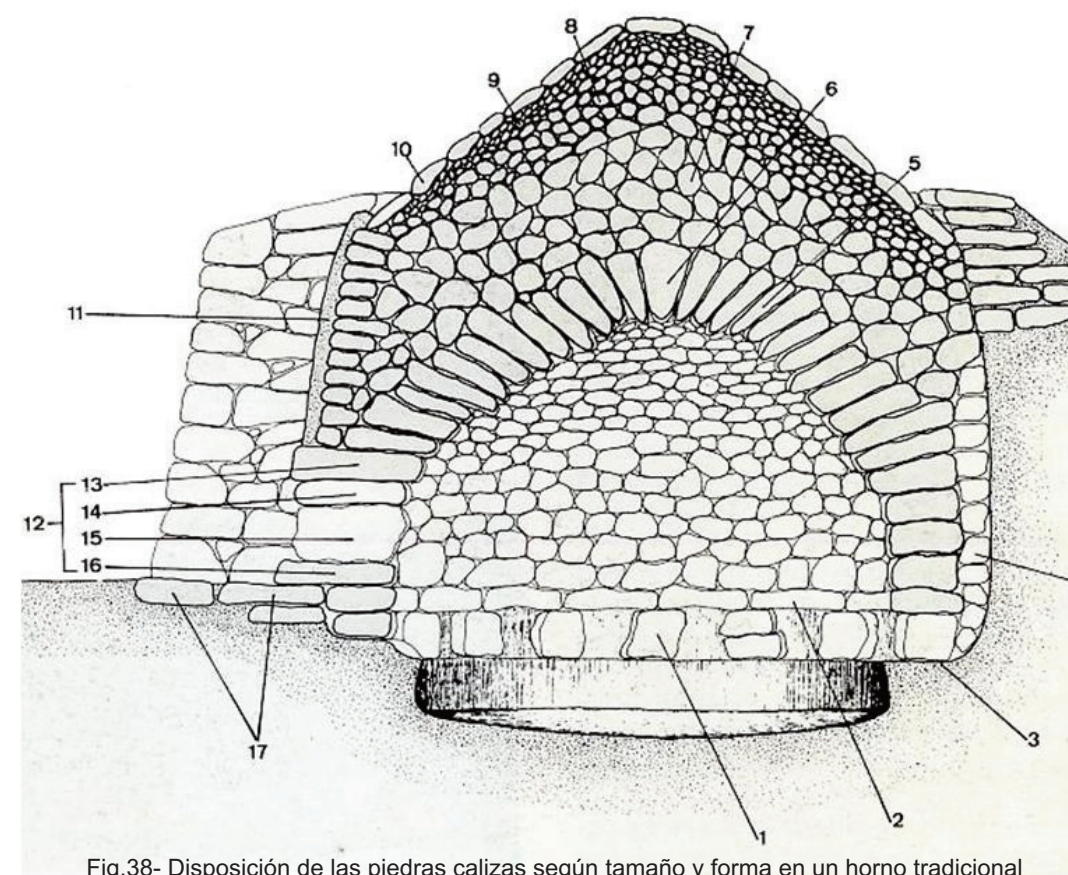


Fig.38- Disposición de las piedras calizas según tamaño y forma en un horno tradicional

Se distinguen dos clases principales de
hornos, los intermitentes y los continuos.
Los hornos intermitentes son aquellos que
se empleaban antiguamente, que se expli-
can en el siguiente apartado de hornos an-
tiguos. Los hornos continuos se utilizan en
la actualidad y se denominan así porque su
diseño permite una emisión de calor conti-
nuo hacia el material a calcinar, consi-
guiéndose así un óxido de cal más
homogéneo y con mejores propiedades.

5.5.1. Hornos intermitentes

Los hornos antiguos se denominan hornos
intermitentes porque debían apagarse al fi-

nalizar cada calcinación. En estos hornos
el calor no se distribuía de forma equitativa
en todo el material que se calcinaba. Se
distinguen en este tipo los hornos rudimen-
tarios de los hornos de cuba.

Los hornos rudimentarios consisten, funda-
mentalmente en un gran montón de capas
alternadas de caliza y carbón, y posterior-
mente se recubre el conjunto con barro o
tierra. El hogar se forma en el centro con
piedras gruesas, y abierto por un costado.

Es un horno de poco rendimiento y la cali-
dad de la cal obtenida no es muy buena.



Fig.39- Horno de cal tradicional



Fig.40- Confección del horno

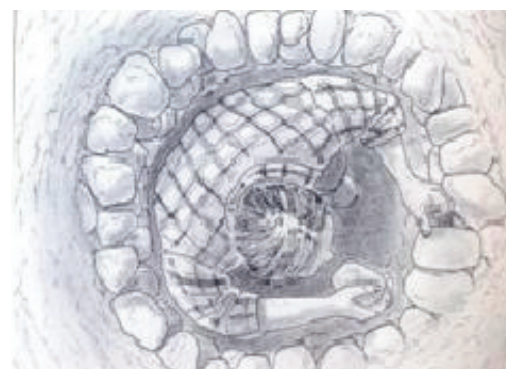


Fig.41- Confección del horno II

Actualmente apenas se usa. En la guía Práctica de la Cal y el estuco se describe y se muestra gráficamente la construcción de esta clase de hornos, que se muestran en las Figuras 39, 40 y 41.

Los hornos de cuba están hechos de fábrica de ladrillo que puede ser refractaria. Está formado por una cámara cilíndrica que se ensancha por el centro. El material se introduce por su parte superior y en la inferior se forma una cámara de combustión con las piedras más gruesas y conectadas al exterior por un lateral por donde se suministra el combustible. Son hornos de baja producción, que actualmente también se encuentran en desuso. Algunos están siendo restaurados dado su valor cultural. Resulta de gran interés la colección de videos que realizó Eugenio Monesma, entre los cuales se encuentra una obra sobre la confección de hornos tradicionales (Monesma, 2004).

5.5.2. Hornos continuos

Se distinguen cuatro tipos principales: los hornos Rudersdorf, los de llama corta, los verticales y los rotatorios.

En los hornos Rudersdorf (Fig.41), la caliza se introduce por la parte superior del horno, saliendo la caliza ya calcinada por el conducto de expulsión con el que está conectado. A unos cuatro metros de la base hay una serie de hogares que son alimentados con carbón de llama larga (antracita), y co-

nectados con los ceniceros. El horno se completa con unas dependencias y espacios anexos que facilitan el aislamiento y reducen las pérdidas por calcinación.

En los de llama corta son generalmente de ladrillo, con alturas de unos 16m y diámetro de 3,5m y el combustible es el carbón de llama corta. Su funcionamiento es continuo y se cargan capas alternadas de caliza y carbón.

Los hornos verticales son más actuales, la calidad del producto resultante es mucho mejor y su automatización consigue abaratar los costes de mano de obra. Consiste en una cámara cilíndrica de ladrillo que lleva en su parte inferior unas toberas para inyectar aire para la combustión.

La carga de la caliza se realiza mediante la confección previa de unos bloques aglomerados de cal y carbón pulverizado, llamados briquetas. Se introducen por el tragante y todo el proceso se efectúa automáticamente, incluso la carga. Cuando el combustible es gas la caliza se puede suministrar en fragmentos.

La piedra caliza por el camino de descenso del interior del horno pasa por diferentes fases. Una primera de precalentamiento, una segunda de cocción y una tercera de enfriamiento, producido por el aire que se inyecta por las toberas que, al mismo tiempo, recoge el calor de la cal ya cocida

y lo lleva a la zona de altas temperaturas.

Los hornos rotatorios se utilizan cuando la producción de cales importante. Son cilíndricos, apoyados sobre unos anillos y van girando sobre rodillos. Son hornos de acero y con una ligera inclinación con respecto a su eje horizontal.

Suelen tener una longitud entre 30 y 40 metros, y su diámetro de 1,8-2.4m. El tamaño de la caliza es pequeño, entre 15 y 25mm, y se carga por la parte más alta. El combustible puede ser carbón, aceite pesado o gas.

Una vez calcinado el material, el producto resultante se recoge en el extremo inferior del horno y pasa a un enfriador que suele ser un cilindro de iguales características que el horno, pero de menor longitud.

La cal obtenida por este procedimiento es de gran calidad, y se obtienen producciones elevadas.

5.6. Sistemas de apagado

El apagado de la cal consiste en la combinación del óxido cálcico obteniéndose un producto, el hidróxido cálcico, que aumenta de volumen respecto al producto inicial y se desprende calor. Los pesos atómicos de estos componentes son los siguientes:

Tabla 12. Pesos atómicos

CaO	H ₂ O	Ca (OH) ₂
56 g/mol	18 g/mol	74 g/mol



Fig.42- Horno Rudersdorf



Fig.43- Horno rotatorio



Fig.44- Horno vertical

Por tanto, se requieren 18 partes en peso de agua por cada 56 partes de óxido de cal para realizar el apagado. Teniendo en cuenta la pérdida de agua por evaporación al producirse la reacción de hidratación de la cal viva, se considera necesario alrededor de un 33% de agua en peso para obtener cal apagada en polvo, entre 300 y 400% para obtener una cal en pasta y más de un 400% para obtener una lechada o agua de cal.

La velocidad de apagado dependerá fundamentalmente de tres factores:

En primer lugar, de las condiciones físicas de la cal, ya que los fragmentos pequeños, porosos o finamente divididos aumentan la superficie específica produciendo una



Fig.45- Apagado por aspersión, Zone, Italia



Fig.46- Apagado "grande aqua", Zone, Italia



Fig.47- Apagado por inmersión breve, Zone, Italia

mayor velocidad de hidratación. En algunas industrias se produce una molienda de cal viva previa al proceso de apagado.

En segundo lugar, cuanto mayor sea la pureza de la cal mayor será la velocidad de hidratación. Y por último, la temperatura de cocción de la cal también resulta decisiva, puesto que tanto los fragmentos poco cocidos como muy cocidos tienen poca capacidad de hidratación.

Para las cales hidráulicas el proceso de apagado es mucho más complejo debido a los silicatos y aluminatos que ésta contiene. Resumidamente consiste en proporcionar una cierta cantidad de agua al producto cocido previamente a su entrada en un silo. Los procesos de apagado del óxido, formación de vapor y nuevo apagado del resto de partículas se producen progresivamente en el silo.

5.6.1. Al aire

La cal viva expuesta al aire absorbe la humedad ambiental y llega a apagarse, pulverizándose por el aumento de volumen que conlleva esta reacción.

Es un proceso lento y corre el riesgo de que se produzca el proceso de recarbonatación debido a la presencia de CO₂ en el ambiente. Para evitarlo se prepara la cal en montones produciéndose la recarbonatación sólo en la capa superficial.

5.6.2. Por aspersión

La cal se coloca en capas de poco espesor, se riega y mediante la hidratación se reduce a polvo. Debe recubrirse con una capa de arena si no va a envasarse y a utilizarse en un breve período de tiempo.

5.6.3. Por fusión

Consiste en añadir agua a la cal que previamente se ha echado en un estanque o excavación en el terreno. Este sistema se emplea para obtener cal en pasta. Es un método empleado a pie de obra.

Se conoce como cedón al fenómeno que se produce por añadir poca agua o un batido insuficientes, y por inundación al fenómeno producido al aportar una cantidad excesiva de agua (Vázquez et al. 1993).

5.6.4. En autoclaves

Cosiste en introducir la cal en forma de terrones en unos autoclaves a los cuales se les inyecta vapor de agua a presión. En este sistema se consiguen apagar totalmente las cales dolomíticas.



Fig.49- Variación de temperatura en el tiempo según sistema de apagado

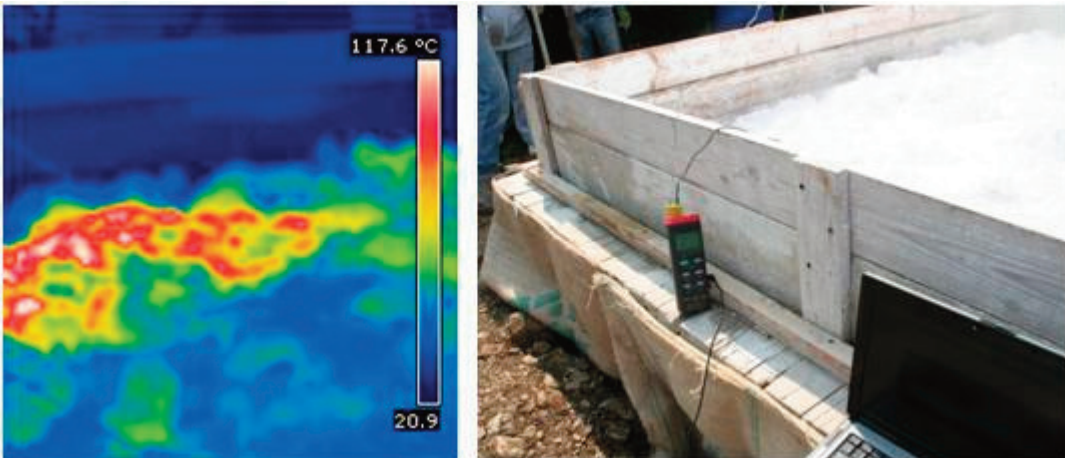


Fig.48- Termografía de apagado en balsa, Zone, Italia

5.6.5. En hidratadores mecánicos

Su fin principal es conseguir una perfecta dosificación entre la mezcla de cal viva y agua. Sin embargo, hay que controlar el calor que se produce en la hidratación ya que puede aumentar mucho la temperatura en el hidratador y no se llegue a apagar totalmente la cal, sobre todo si no es un producto uniforme.

En las cales hidráulicas la operación de apagado es fundamental, ya que de este proceso van a depender mucho las propiedades hidráulicas. El apagado se suele realizar por aspersión y por capas consiguiendo de este modo no sobrepasar la temperatura de 120°C. De este modo evitamos la hidratación de los silicatos y aluminatos, que conllevaría a la pérdida de las propiedades hidráulicas del producto, que recibe el nombre de cal ahogada.



Fig.50- Tratado de Benito Bails



Fig.51- Tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás

5.7. Reposo y almacenaje

En cuanto a los periodos de tiempo de reposo de una cal en pasta desde su apagado hasta su utilización existen diferentes opiniones según la época y el autor. Según (Vázquez et al. 1993), por ejemplo, antes de emplear la cal apagada es conveniente dejarla reposar 6 días. La antigua norma MV 201 establecía en cambio un periodo de 2 semanas antes de su uso, y 20 días si la pasta de cal iba a ser empleada para morteros para enlucidos.

Por otro lado, los tratados antiguos de la construcción establecían tiempos más largos, como es el caso de la obra de Benito Bails (Bails, 1796), quien aconsejaba no utilizar ninguna cal que no hubiese sido apagada por lo menos tres meses antes

(Fig.49).

Rieger, en cambio, afirmaba que “Para que la cal no estorbe a los colores que se han de dar al muro, guárdese diez años o más y servirá también a manera de betún para unir las piedras”.

En cuanto a las cales hidráulicas, antes de su uso y almacenaje, se las somete a una operación de cernido que tiene como misión separar la cal apagada de los trozos poco o muy cocidos.

Esto se consigue haciendo pasar la cal por tamices que van reteniendo los trozos más gruesos. La cal que ha pasado por todos los tamices recibe el nombre de flor de cal. Los residuos resultantes son de color amarillento y se denominan incocidos. Y de color gris verdoso quedan los sobrecocidos,

los “grappiers”, que se pueden moler y añadir a la cal mejorando sus características hidráulicas, conociéndose el producto resultante como cemento de grappiers, raramente usado en la construcción.

En cuanto a su almacenaje, Fray Lorenzo de San Nicolás (San Nicolás, 1639) afirmaba que “La cal después de cocida conviene mojarla poco a poco hasta que del todo esté satisfecha con agua, que será cuando del todo esté desatada: y puesto a la sombra se guardará en lugar húmedo, sin mezcla, sino cuando mucho, un poco de arena por encima, y de este modo se conserva largo tiempo, mejorándose de continuo” (Fig.51).

De este modo, cubriéndola con arena, se evitaba que la cal se carbonatase. Actualmente se almacenan en sacos, silos o barriles según su formato de distribución y si ésta se encuentra en polvo, en pasta... como se ha visto anteriormente.

6. Propiedades de la cal

Las propiedades y características inherentes de los materiales nos aportan los datos para determinar si el material en cuestión es apto para cumplir con los requerimientos.

Desde esa premisa se hace evidente la importancia de conocer las características de la cal y sus derivados como materiales de construcción para poder determinar en qué circunstancias su utilización puede ser fa-

vorable. Asimismo, los ensayos determinados mediante normativa para especificar las características de cada material en concreto nos permitirá determinar la calidad y características particulares de la muestra en cuestión.

De la cal en particular nos interesa conocer su densidad, el tamaño y forma de partícula y su composición química. En posteriores apartados se desarrollaran las características de interés de los morteros de cal, tanto para obras de fábrica como para revestimientos, así como los ensayos pertinentes que deben efectuarse previamente a su puesta en obra y posteriormente si se efectúa una inspección o diagnóstico del elemento constructivo.

Las propiedades de caracterización de las cales en polvo según la clasificación a la que pertenezcan se definen en la norma UNE EN 459-2, y son los que se comentan a continuación:

En cuanto a las cales en pasta, no existe

actualmente una normativa que regule el proceso de caracterización de éstas. Algunos expertos opinan que debe caracterizarse mediante difracción de rayos X, mientras que otros creen más conveniente el proceso de caracterización de las pastas de cal mediante el estudio reológico de éstas como fluidos. Los conocimientos reológicos, así como los estudios que se están llevando a cabo actualmente se comentan en el capítulo 7 del presente trabajo.

En los siguientes apartados se detallan las características más significativas de las cales.

6.1. Densidad y porosidad

La densidad es la relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ésta ocupa.

Todo material desagregado se caracteriza, entre otros aspectos, por la distribución estructural de sus partículas, las cuales dejan espacios entre sí creando poros internos o

Tabla 13. Propiedades de las cales en polvo

Resistencia a 7 días	Estabilidad
Resistencia a 28 días	Tiempo de fraguado
Finura	Penetración/demanda de agua
CaO+MgO, MgO	Agua libre
CO2	Contenido de aire
SO3	Rendimiento

externos, tal y como muestra la Figura 52, en mayor o menor medida según el tipo de material y su forma de fabricación y aplicación.

Se denomina **densidad aparente** a la relación entre la masa de un material y el volumen de su envoltente.

Se denomina **densidad relativa** a la relación entre la masa de un material y el volumen relativo de dicho material, es decir, omitiendo el volumen de porosidad interna de éste.

Se denomina **densidad real** a la relación entre la masa de un material y el volumen real de dicho material, es decir, omitiendo el volumen de porosidad interna y externa de éste.

En la caracterización de un material resulta de gran utilidad conocer la densidad aparente y real para poder determinar su porosidad, que es el porcentaje de huecos o espacios de aire en un material.

Se determina por tanto la **porosidad** de un material calculando la relación entre su

densidad real y su densidad. Addelson (Addelson,1995) comentaba que en la clasificación de materiales se emplean características como el rendimiento térmico, acústico o a la absorción de agua, pero que éstas son limitadas y no cubren toda la gama de materiales. En cambio, la clasificación respecto a la distribución básica estructural de un material de construcción mediante la determinación de su porosidad, es decir la cantidad de espacios de aire que contienen, determinan sus propiedades físicas y su comportamiento mecánico.

En la confección de pastas de cal la formación de los poros depende del tamaño y forma de las partículas, del grado de compactación alcanzado antes del endurecimiento, y del agua de amasado empleada. Estas tres variables se encuentran interrelacionadas: la porosidad externa que creará la evaporación de agua durante el fraguado de una pasta de cal será mayor cuanto más agua se haya utilizado, pero también cuanto menos compacta sea la pasta. Asimismo, el tamaño y forma de las partículas influirán en la compactación de la pasta y en la cantidad de agua necesaria para el ama-

sado. En la confección de los morteros de cal será también necesario tener en cuenta la distribución granulométrica del árido empleado, así como su procedencia y naturaleza geológicas que determinarán la forma de sus granos, los cuales influirán en el producto final en mayor o menor medida según si la masa aglutinante formada por la cal y el agua rellena o no el volumen de los huecos del árido. Según (Vázquez et al. 1993), las densidades aproximadas de las dos tipologías principales de cal son las que se muestran en la Tabla 14. Además, la norma UNE EN 459-1:2002 especifica las densidades medias para cada tipo de cal.

Resulta difícil determinar "a priori" la densidad de un mortero de cal, ya que se le añaden diferentes factores que deben tenerse en cuenta a la hora de determinar dicho mortero. En primer lugar, debe indicarse si la dosificación de árido y aglomerante (a:a) es en peso o en volumen. En segundo lugar, la granulometría del árido influye en la densidad del árido ya que según el porcentaje de finos de éste obtendremos un mortero con mayor o menor volumen de huecos. En tercer lugar, debería especificarse la cantidad de agua aportada, ya sea en porcentaje o bien definiendo el diámetro de escurrimiento. Finalmente, debemos tener en cuenta si los datos se refieren al mortero en estado fresco o endurecido, ya que la retracción influirá en el volumen final de éste, según la cantidad de agua de la dosificación y las condiciones ambientales

Tabla 14. Densidades de las cales

Producto	Densidad aparente (kg/dm³)	Densidad real (kg/dm³)
Cal aérea en polvo	0,4	0,5-0,9
Cal hidráulica en polvo	2,25	2,5-3

en las que éste endurezca. La metodología de realización de ensayos para determinar la densidad y porosidad de una cal varían según si esta es en polvo, una pasta de cal o un mortero.

6.2. Finura de molido. Tamaño y forma de partícula

Resulta de gran interés en el estudio de la cal como material de construcción conocer su estructura cristalina para comprender los cambios que se producen según su composición o, por ejemplo, el proceso de envejecimiento de las cales en pasta. Además, la finura de molido de una cal deter-

mina la trabajabilidad de la pasta, mortero u hormigón que posteriormente se fabrica con ésta. La trabajabilidad se explicará más ampliamente en apartado 1.3.1 del capítulo 5.

Un sistema utilizado para determinar la forma y tamaño de partícula es la Difracción de Rayos X (DRX). Es una técnica que consiste en hacer pasar un haz de rayos X a través de la sustancia objeto de estudio. Esto permite obtener una visión a gran escala de las partículas que componen una sustancia para conocer su estructura y el tamaño de las partículas que la forman

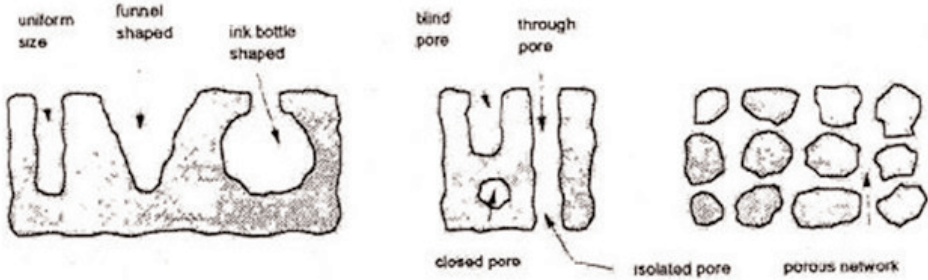


Fig.52- Tipos de poros

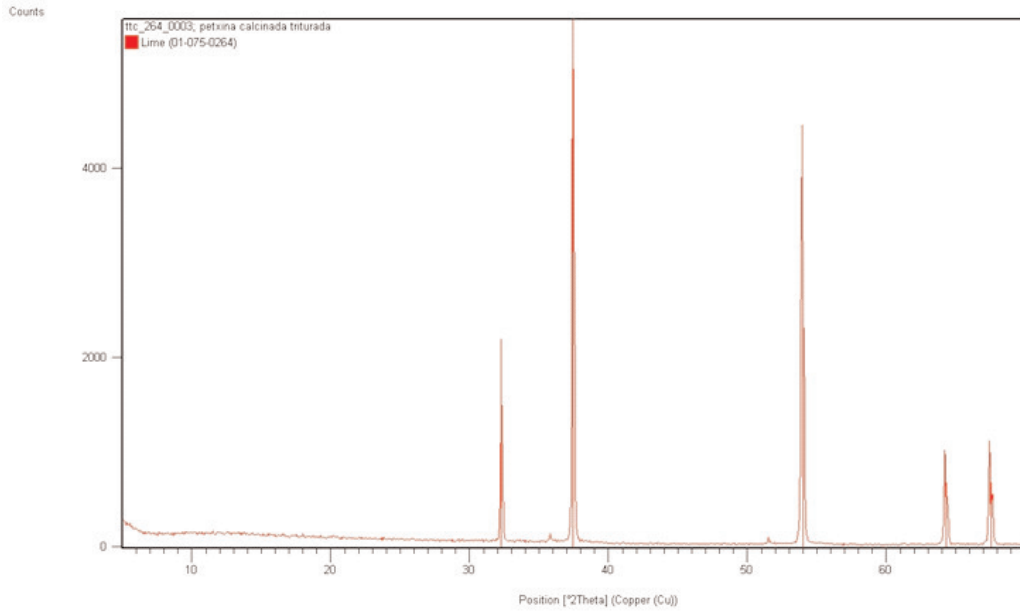


Fig.53- Difracción de rayos X de una muestra de cal

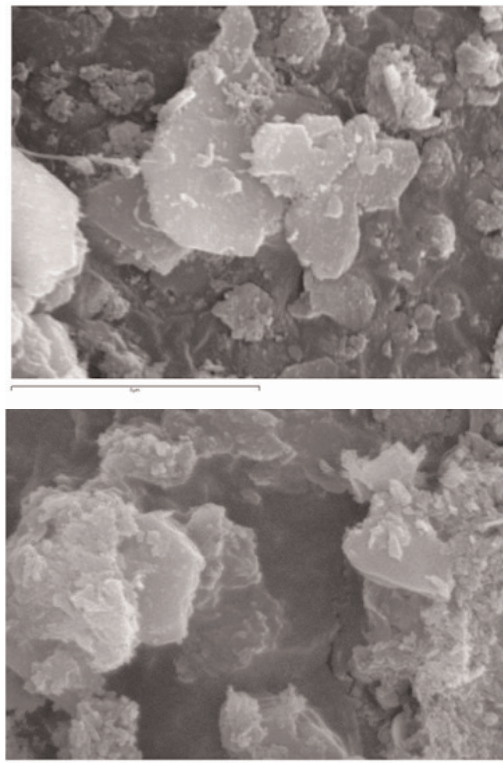


Fig.54- SEM de pastas de cal de diferente antigüedad

(Ortiz et al., 2009).

El sistema más efectivo en cambio es la granulometría laser. Consiste en someter la muestra a un láser cuyo rayo difracta en las partículas para poder determinar su tamaño.

Para determinar la medida y el aspecto de una muestra de cal se utiliza la Microscopía electrónica de barrido SEM. Esta técnica consiste en recubrir la muestra objeto de estudio de un material que le aporte conductividad, habitualmente carbono u oro. A continuación, la muestra es sometida a un haz de electrones que incide sobre ésta, liberando señales que son recogidas por sensores que las convierten en imágenes tridimensionales y determinan la composición de la muestra en cuestión. Si se ana-

liza una muestra en la que se prevé un contenido de carbono, se recubrirá con otro material conductor como el oro. El SEM permite estudiar la textura y composición de una muestra, así como la identificación de los elementos químicos que la componen.

Resulta por tanto una herramienta importante en el estudio y caracterización de morteros (Ortiz et al., 2009).

6.3. Composición química

Por otro lado, también resulta de gran utilidad conocer mediante las técnicas actuales la composición química de una cal. Para ello, la técnica más completa es la fluorescencia de rayos X (Fig.55). Esta técnica utiliza la emisión secundaria o fluorescente de radiación X que se genera al producir una emisión de rayos X sobre una muestra, que alteran los electrones emitiendo fotones, que son característicos para cada elemento químico. De este modo, conociendo la longitud de onda del fotón de cada elemento podemos determinar la composición de la muestra estudiada.

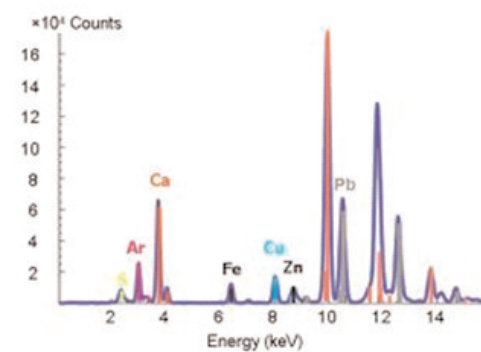
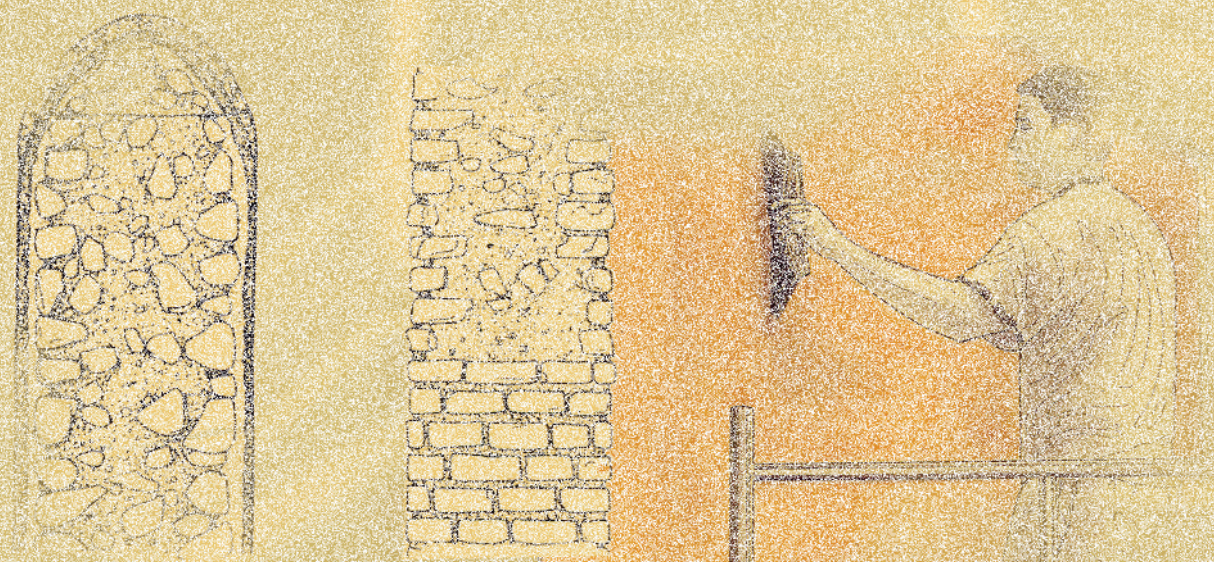
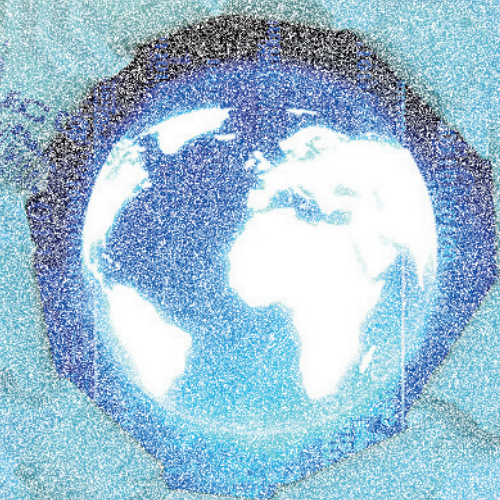


Fig.55- Fluorescencia de rayos X





OPUS REVOCO TIROLES
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD



Capítulo 5. Contenidos para la difusión de la cal en la construcción tradicional

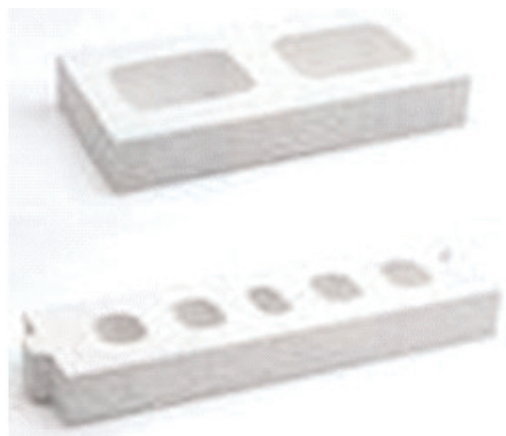


Fig.56- Ladrillos sílico-calcáreos



Fig.57- Obra de fábrica de ladrillo antigua



Fig.58- Tendido a la llana



Fig.59- Pavimento romano, opus tesellatum

“La cal representa, por antonomasia, el oficio y el arte en la edificación”.

Forum Italiano della Calce

En la arquitectura, podemos encontrar cal en diferentes formatos.

La cal en pasta es un conglomerante realizado mediante cal viva apagada con más agua de la necesaria. Ésta puede aplicarse sola, es decir, como lechada, o bien ser mezclada con áridos para la confección de morteros.

Los morteros son aquellos conglomerantes compuestos por uno o varios aglomerantes (cal, cemento, yeso...), áridos que le confieren resistencia y agua. Pueden ser aplicados en fresco para diferentes usos, o bien ser amoldados para la confección de ladrillos denominados sílico-calcáreos.

En los siguientes apartados nos centraremos en los morteros, los tipos, y sus posibles usos, entre los que cabe destacar los usos en albañilería, en los que comentaremos el uso del mortero fresco y las propiedades de los ladrillos sílico-calcáreos y, por otro lado, la confección de revestimientos, en los que suelen emplearse los otros formatos aquí expuestos para los trabajos de acabado. Por ello, se detallarán los conocimientos y aplicaciones de las pastas, lecha-

das y el agua de cal en los apartados que correspondan.

1. Morteros, pastas y lechadas

Los albañiles de la antigua Roma denominaban *mortarius*, mortero, al recipiente en el cual amasaban y transportaban la mezcla de pasta de cal y arena. Con el paso del tiempo, este nombre fue adoptado para designar a la propia mezcla, que se ha utilizado para la construcción de cimentaciones, muros, pavimentos y revestimientos hasta la aparición del cemento Pórtland. Hoy en día, los morteros de cal son utilizados para la rehabilitación y restauración arquitectónica debido a que éstos tienen una mejor compatibilidad con los morteros antiguos.

Se da la circunstancia que los morteros de cal aérea proporcionan, a diferencia de los conglomerantes hidráulicos como los morteros de cal hidráulica o de cemento, una permeabilidad al aire que se adecúa en mayor medida a las exigencias de salubridad y protección frente al ruido exigidas por el Código Técnico de la Edificación en los Documentos Básicos HS-1, HS-3 y HR. Esto es debido a que los conglomerantes aéreos, tal y como se detalla en el apartado 1.1.2. tienen una porosidad mayor para permitir el paso del aire y la carbonatación de la cal aérea y, por tanto, ofrecen mayor

permeabilidad al aire, lo que aporta mayor protección contra la humedad, permite una mejor ventilación y calidad del aire interior y su porosidad confiere un mayor aislamiento acústico.

1.1. Tipos

1.1.1. Según conglomerante o característica específica

Podemos clasificar los morteros según el conglomerante que se incorpora a éstos. Así, los morteros pueden denominarse según la composición y proporción de sus componentes, o según una característica especificada que, según la norma UNE EN 998-2, define la resistencia a compresión a 28 días.

En cuanto a la composición de los morteros, cabe resaltar la importancia de especificar si las proporciones han sido establecidas en peso o en volumen. Además, también es importante detallar la cantidad de agua de amasado a utilizar para dicha mezcla.

La incorporación de cemento en los morteros incrementa considerablemente la velocidad de fraguado, así como su resistencia mecánica. En el ámbito de la restauración suele emplearse cemento blanco para que éste pueda ser posteriormente pigmentado en caso necesario. En cuanto a los revestimientos, debe tenerse en cuenta el material de soporte y, en caso necesario, someterlo a tratamientos previos para garantizar la estabilidad y adherencia del revestimiento.

1.1.2. Según su uso o aplicación

Según la aplicación de los morteros, éstos se clasifican en:

- Morteros para obras de fábrica
- Morteros de revestimiento
- Morteros para solados
- Morteros cola
- Morteros de reparación
- Morteros impermeabilizantes

Tabla 15. Clasificación según composición

Conglomerante	Composición (ejemplos)	Resistencia
Morteros de cemento	cemento:arena (1:3)	P.e.: M-5 (5N/mm ² a 28 días) M-20 (20N/mm ² a 28 días)
Morteros de cal hidráulica	cal:arena (1:3)	
Morteros de cal aérea	cal:arena (1:3)	
Morteros mixtos de cemento y cal hidráulica	cemento:cal:arena (1:1:3)	
Morteros mixtos de cemento y cal aérea	cemento:cal:arena (1:1:3)	

Estos pueden ser de cualquiera de las composiciones de conglomerante anteriormente mencionadas, excepto los morteros mixtos de cemento y cal aérea que se aplicarán únicamente en obras de fábrica y revestimientos.

1.1.3. Según su método de fabricación

La norma UNE EN 998-2 clasifica también los morteros según su método de fabricación:

- Mortero para albañilería hecho en obra: la dosificación de los componentes y el amasado se realiza en obra.
- Mortero para albañilería semiterminado hecho en fábrica. Pueden ser morteros que se dosifican en fábrica y se mezclan en obra o bien morteros cuya cal y



Fig.60- Silo de almacenaje de mortero

arena se dosifica en fábrica y se mezclan en obra, añadiendo otros componentes suministrados o bien especificados por el fabricante.

- Mortero para albañilería hecho en fábrica, o mortero industrial: la dosificación de los componentes y el amasado se realiza en fábrica.

1.1.4. Según su forma de suministro

También pueden clasificarse según su forma de suministro:

- Mortero seco en sacos o silos: el fabricante proporciona uno o varios sacos o silos de mortero especificado y sólo es necesario añadir el agua indicada para realizar la mezcla en obra. La utilización de sacos o silos dependerá de la cantidad de mortero requerida.
- Mortero húmedo: generalmente son morteros de cal en pasta, que se suministran en sacos o bidones según la cantidad de mortero requerido.

1.2. Componentes

La confección de los morteros, las dosificaciones según su uso, el modo de realizarlo y las aplicaciones que se le atribuyen son cuestiones que han preocupado a muchos estudiosos a lo largo de la historia. Vitruvio afirmaba que la mejor es la de pedernal: una variedad de cuarzo que se compone de

silíce con muy pequeñas cantidades de agua y alúmina. Es compacto, de fractura concoidea translúcida en los bordes, lustrosa como la cera y por lo general de color gris amarillento más o menos oscuro. Fray Lorenzo de San Nicolás comentaba en su obra (San Nicolas, 1639) que algunos autores contradecían a Vitruvio alegando que el pedernal no era la mejor piedra. No comprendían que Vitruvio utilizaba el concepto de pedernal para describir la mejor piedra que él conocía para hacer cal, es decir “la más dura y sólida”, ya que el pedernal era la caliza más dura en el entorno en que se desenvolvía Vitruvio. Esta expresión se encuentra en muchos otros tratados de construcción, como Perrault, quien dice que “la mejor para la mampostería es la que se hace de la piedra más dura” o Briguz, quien afirmaba que “Las piedras para obtener cal han de ser muy duras, pesadas y blancas.” Perrault (Perrault, 1761) también comentaba que la cal que se hace piedra esponjosa es más propia para enlucidos.



Fig.61- Tratado de Perrault



Fig.62- Tratado de Briguz y Bru

Actualmente, para la confección de morteros pueden emplearse todos aquellos morteros definidos en las normativas referentes UNE- EN 197-1, UNE 80.305 y RC-08. Como se ha comentado anteriormente, en la restauración y rehabilitación se empleará cemento blanco para que éste pueda ser pigmentado.

1.2.1. Arenas

Las arenas son áridos de naturaleza cálcica, dolomítica o silíce de tamaño máximo de partícula de 4mm. Aun así, cuanto menor sea el tamaño de partícula menor será el espesor necesario del mortero para cumplir su función. Además, la presencia de finos disminuye la cantidad de agua necesaria para el amasado, disminuyendo el riesgo de retracción y pérdida de adherencia del mortero durante el secado y, por tanto, el riesgo de microfisuración del mismo. Deberá además descartarse la presencia de materia orgánica, arcillas y limos ya que éstos afectan a la durabilidad del producto final. Las especificaciones de las arenas que se emplean para morteros se describen en la norma UNE EN 13139.

En los tratados de construcción, se distinguen desde Vitruvio cinco clases según su procedencia: de cava, de río, de guija, de mar y la puzolana. Se recomienda utilizar la de cava para mampostería, o la de guija



Fig.63- Arena

jarro extrayendo la capa superficial. La arena de mar y de río se reserva para revestimientos. Perrault añade: “Si se quiere hacer buen uso de la arena, se ha de tener presente que siendo la mezcla para enlucidos, no se ha de gastar recién cavada; porque esto la hace secar muy pronto y ocasiona hendiduras en ellos. Al contrario, si se emplea en el grueso de las paredes, no debe estar mucho tiempo al aire; porque el sol y la luna la alteran de modo que la lluvia la disuelve y al fin la reduce a polvo.”

1.2.2. Agua

Para la confección de morteros debe emplearse agua potable sin sustancias nocivas ni suspensiones que cumpla con las siguientes condiciones según las normativas especificadas:

Tabla 16. Características del agua

Característica	Normativa
pH entre 5 y 8	UNE 72434
Sustancias disueltas < 15 g/l	UNE 7130
SO ₄ ²⁻ < 1 g/l	UNE 7131
Cl < 6 g/l	UNE 7178
Aceites y grasas < 15 g/l	UNE 7235
Hidratos de carbono 0 g/l	UNE 7132

1.2.3. Adiciones

Las adiciones son materiales inorgánicos que en pequeños tamaños de partícula y bajas proporciones pueden mejorar las propiedades hidráulicas de la cal.

1.2.3.1. Materiales puzolánicos

Son aquellos materiales de composición sílicea o silico-aluminosa que no endurecen por si mismos cuando se amasan con agua, pero sí que reaccionan con el hidróxido de calcio formando estructuras más rígidas que las compuestas únicamente por hidróxido cálcico, es decir, son las denominadas impurezas que aportan hidraulicidad a la cal. Los más utilizados son:

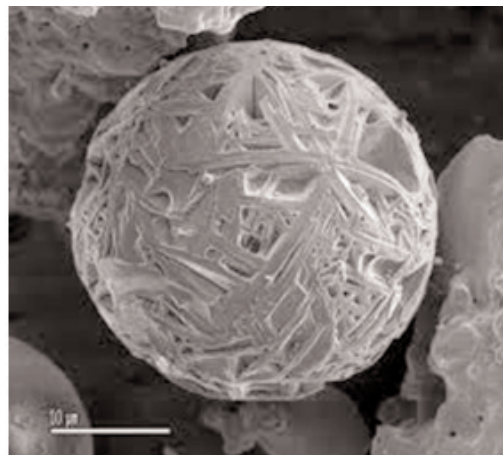


Fig.64- SEM de ceniza volante



Fig.65- Detalle de humo de sílice

- Cenizas volantes: se obtienen de la emisión de gases de los quemadores de centrales termoeléctricas alimentadas con carbón pulverizado. Mejoran la impermeabilidad, la durabilidad y la resistencia mecánica de los morteros de cal. Como desventaja cabe tener en cuenta que debido a la presencia de carbón sin quemar, oscurecen el color del producto final.
- Humo de sílice: se obtienen de la reducción del cuarzo en hornos eléctricos de arco para la obtención de carbón puro, obteniendo sílice amorfa de reducido tamaño de partícula. Mejoran la impermeabilidad y resistencia mecánica, sobre todo a corto plazo, de los morteros.
- Metacaolín: se obtiene por la deshidratación del caolín, compuesto por óxidos silíceos y aluminosos en altas proporciones que, junto a la elevada superficie específica del producto final confieren al mortero una mayor impermeabilidad, una considerable reducción de la porosidad capilar, una gran resistencia química y una mejor y más rápida adquisición de resistencia mecánica.
- Cerámica molida: comúnmente denominada chamota, se obtiene mediante la trituración a diferentes tamaños de cerámica. Proporciona además de una

mejora de las propiedades hidráulicas, una mayor durabilidad y resistencia mecánica de los morteros.

1.2.3.2. Materiales con propiedades hidráulicas latentes

Son aquellos cuya capacidad hidráulica se activa solamente en presencia de cal, entre los cuales destacan las escorias de la industria siderúrgica, que confieren una mayor hidraulicidad al mortero.

1.2.4. Aditivos

Son materiales que, añadidos hasta en un 5% en peso del contenido de conglomerante de un mortero, mejoran sus características. La siguiente tabla resume los aditivos más habituales en la fabricación de los morteros de cal:

Aireantes: aumentan el contenido en aire ocluido en un mortero, mejorando así su resistencia a las heladas y la exudación del mortero en estado fresco. Añadido en excesivas cantidades podría conducir a una pérdida de resistencia mecánica.

Plastificantes: modifican la reología del fluido en estado fresco, mejorando así su trabajabilidad. Añadido en excesivas cantidades podría conducir a un incremento del tiempo de fraguado.

Retardantes o retardadores del fraguado:

modifican el tiempo de fraguado y/o endurecimiento del mortero.

Hidrofugantes: reducen la absorción capilar del mortero, aportando una menor absorción de agua a baja presión, es decir de agua de lluvia, al mismo.

Retenedores de agua: aumentan la capacidad de retención de agua evitando así la retracción, pérdida de adherencia y microfisuración del mortero, compensando así la posible falta de finos en la granulometría del árido empleado.

Resinas: proporcionan adherencia química, elasticidad e impermeabilidad, pero no son adecuados para el uso en morteros puros de cal.

Actualmente se utilizan aditivos artificiales, pero esta práctica ha sido llevada a cabo de forma más rudimentaria durante siglos. A los morteros de cal se les añadía sangre, fibras vegetales, huevo y otros muchos productos cotidianos para mejorar sus propiedades. Veamos un curioso ejemplo que se encuentra en la obra de Briguz (Briguz, 1738): *"En algunos países se acostumbraba a añadir orina al agua con la que se batía el mortero para "hacer agarrar el mortero más presto". Otros batían el mortero con agua de río a la que habían añadido amoníaco para que tomara tanto cuerpo como el yeso."*



Fig.66- Puzolana roja

1.2.5. Pigmentos

Los pigmentos que se utilizan para colorear algunos acabados de revestimientos verticales pueden ser colorantes naturales, tanto minerales como vegetales, o bien artificiales.

Los colorantes artificiales se obtienen tanto por preparaciones artificiales como por combinación de minerales naturales. Los colorantes de origen mineral son menos susceptibles a reacciones químicas, y por tanto suelen ser más compatibles con otros materiales y más durables.

La aplicación de dichos pigmentos varía según la técnica, pudiéndose utilizar como aditivo en la masa aglomerante o bien como aplicación final.

Los pigmentos tradicionales más utilizados (Barahona, 2000), son el albin, el almagre,



Fig. 67- Pigmentos
el añilo indigo, el bermellón, el bol, el car-
mín, el minio, el ocre y el oropimente.

De cada uno de estos colores pueden ob-
tenerse varios tonos, y la mezcla entre ellos
da lugar a otros muchos colores. Para su
confección, se molían con agua en una losa
y se almacenaban por separado para que
estuvieran libres de polvo. Por otro lado, los
óxidos metálicos abarcan también una am-
plia gama de colores mediante combinacio-
nes. Así, el óxido de cromo da los tonos



Fig.68- Tamices normalizados



Fig.69- Peso de árido retenido en tamiz

verdes, el óxido de cobalto los azules, y el
óxido de hierro cubre la gamma del amarillo
al negro: siena, cuero, mangra, marrón, etc.

Los blancos se obtienen de tierras, como el
blanco de Viena o el blanco de España
entre otros, o bien de metales como el al-
bayalde. Los primeros son más solubles en
agua y por tanto más adecuados para fres-
cos y pintura a la cal. Los segundos, al ser
más pesados, se utilizan más a menudo en
la pintura al oleo.

En cuanto a los negros, estos suelen obte-
nerse del carbón, de la calcinación de hue-
sos o del humo resultante de la combustión
de aceites, entre otros.

1.3. Propiedades y ensayos que se
derivan

Las propiedades de los morteros resultan
determinantes para averiguar si éstos se

adecúan a las exigencias o usos que se les
vayan a dar. Por ese motivo, se realizan en-
sayos para su caracterización tanto en es-
tado fresco como endurecido.

1.3.1. Ensayos en mortero fresco

Los ensayos que se realizan en estado
fresco son:

- **Ensayo granulométrico según UNE EN 1015-2:** consiste en agrupar los áridos de una muestra, de acuerdo a su tamaño, mediante el uso de tamices nor-
malizados. La cantidad de áridos retenidos en cada tamiz se utilizan para hacer la curva granulométrica del árido, que se compara con la curva de máxima compactidad de Fuller y con los límites superior e inferior del huso.
- **Determinación de la densidad:** según UNE EN 1015-6, mediante el vaso cilíndrico del aerómetro, que se describe más adelante. Éste se llena de mortero hasta la mitad y se golpea 10 veces para compactarlo mediante una mesa de sacudidas. A continuación se rellena el volumen restante y se repite la operación. El peso del mortero se divide entre el volumen del recipiente del aerómetro, que es de 1dm³ por normativa.
- **Determinación del agua de amasado y consistencia:** el agua de amasado se

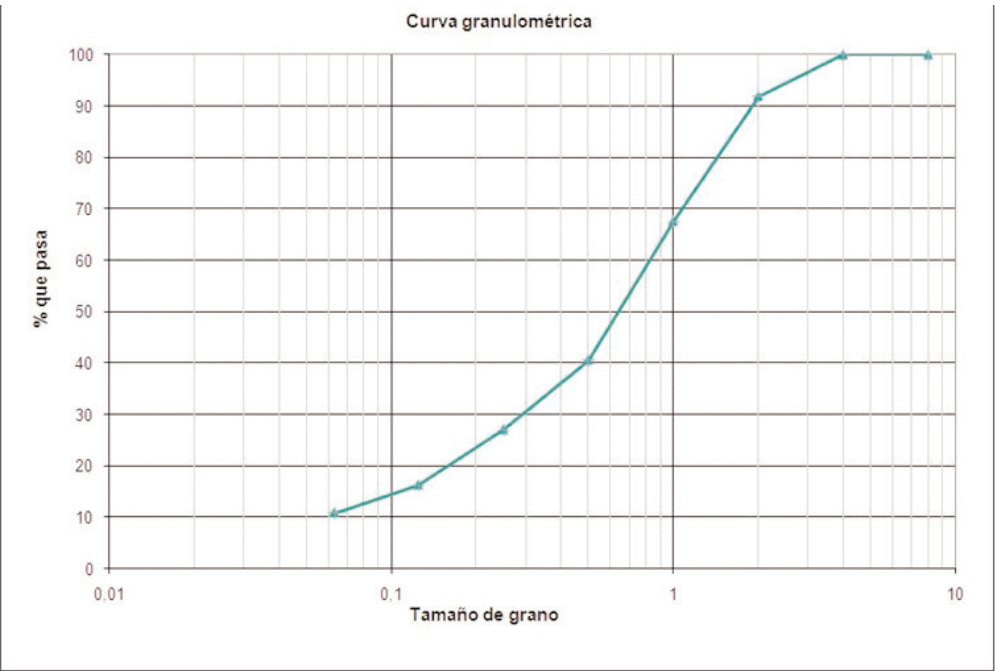


Fig.70- Curva granulométrica

determina según UNE EN 1015-3 me-
diante la mesa de sacudidas, a la que
se le coloca previa humectación un ci-
lindro normalizado que se rellena de
mortero y se enrasa. A continuación se
desamolda el producto, se esperan 15
segundos y se realizan 15 sacudidas,
una por segundo. El diámetro final del
mortero se denomina diámetro de escurrimiento y es el que determina su con-
sistencia. De este modo, el agua de
amasado que se emplee para un mor-
tero será aquella que dote al mortero de
un diámetro de escurrimiento, y por
tanto de una consistencia determina-
dos.

- **Determinación de la cantidad de aire ocluido según UNE EN 1015-7:** consiste

en someter a presión un litro de mortero
mediante un aireador para determinar
mediante la caída de presión la cantidad
de aire ocluido que éste contiene.

También es importante determinar la
plasticidad de un mortero, así como su
hidraulicidad, propiedad que ha sido co-
mentada extensamente en el apartado
sobre el ciclo de la cal del capítulo 4 del
presente proyecto.



Fig.71- Mesa de sacudidas



Fig.72- Aerómetro



Fig.73- Galga extensiométrica



Fig.74- Ensayo de ultrasonidos sobre probeta de hormigón



Fig.75- Maquinaria de ensayo a flexotracción y compresión

Se entiende por plasticidad la facilidad de la cal de ser extendida por la llana. (Sevilla). Es decir, una de las características principales de un producto realizado con cal, ya sea una pasta de cal o un mortero es la suavidad con la que ésta se extiende sobre un paramento, lo que le aporta una gran trabajabilidad. Esta propiedad, físicamente denominada viscosidad, es una característica determinante en la calidad de las aplicaciones de pastas y morteros, así como de pinturas, ya que cuanto más fácilmente se extiendan mejor será el resultado final.

En el caso de los morteros, la incisión de áridos hace disminuir considerablemente la trabajabilidad de estos, y más aún en el caso de los cementos que, debido a su forma de partícula y estructura molecular, son menos trabajables. Por ello, en muchos casos se añade cal a los morteros de cemento con el fin de mejorar su trabajabilidad, formándose así los denominados morteros bastardos.

En el apartado de reología del capítulo 7 se explica más extensamente la investigación que se está llevando a cabo en este campo.

Además, si el mortero va a utilizarse como revestimiento, se determina la dosificación óptima de cal apagada mediante los siguientes procesos (ANCADE, 2008):

- Ensayo de placa de vidrio en laboratorio: consiste en la ejecución de una capa de mortero para revestimiento de entre 6 y 8mm de grosor sobre una placa de vidrio. Transcurridas 24 horas, se coloca en posición vertical y se observa la muestra. Si ésta se encuentra fisurada la mezcla es demasiado rica en cal, y si se desmorona es demasiado pobre. Si no presenta defectos y la resistencia es suficiente, es decir la paleta no penetra en el mortero, es la dosificación adecuada.
- Ensayo sobre rasilla en obra: se procede análogamente al ensayo de placa de vidrio, pero efectuando la prueba sobre una rasilla.

También se recomienda ensayar la dosificación de aditivos si van a emplearse.

1.3.2. Ensayos en mortero endurecido

Los ensayos en mortero endurecido se realizan a partir de la confección de probetas prismáticas y circulares, las segundas para determinar la adherencia, que son ensayadas tras su endurecimiento en condiciones ambientales de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de $95 \pm 5\%$, según UNE EN 1015-2, "Fabricación de probetas para morteros de albañilería".

- **Determinación de la retracción:** consiste en medir mediante un pie de rey, en

mm, la disminución de volumen que ha tenido lugar entre el amoldado del mortero en las probetas y el final de fraguado.

- **Determinación del módulo de elasticidad:** para estudiar las deformaciones que admite el material objeto de ensayo se calcula su módulo de elasticidad estático y dinámico. El módulo de elasticidad estático, según UNE EN 14580, se obtiene calculando el incremento de voltaje mediante galgas extensiométricas al someter las probetas a una flexotracción. El módulo de Young dinámico puede determinarse mediante el ensayo de ultrasonidos según UNE EN 14150, o bien mediante la frecuencia de ondas sonoras según UNE EN 12680-1.

- **Determinación de la resistencia mecánica:** se realiza mediante la rotura de probetas prismáticas sometidas a flexotracción y posteriormente a compresión, según UNE EN 1015-11.

- **Determinación de la resistencia a la carbonatación:** para poder determinar la velocidad de carbonatación de un mortero, según UNE EN 13295 se le aplica un reactivo denominado fenolftaleína, el cual reacciona si la muestra de contacto tiene un $\text{pH} > 8$, y por tanto la muestra no está carbonatada. De este modo se puede determinar qué profundidad de

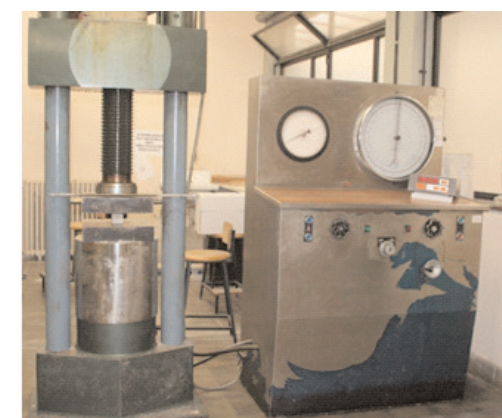


Fig.76- Maquinaria de ensayo a compresión

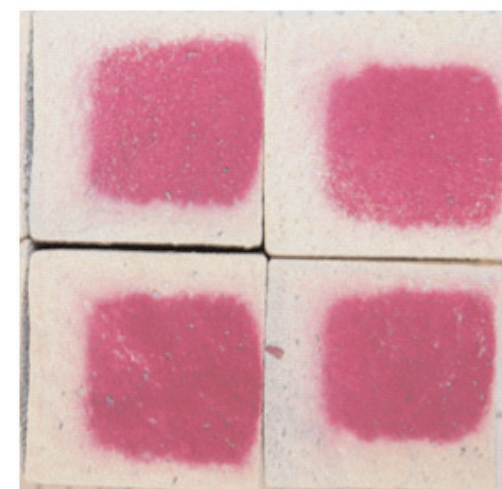


Fig.77- Visualización de las profundidades de carbonatación de probetas de mortero de cal



Fig.78- Ensayo de porosidad

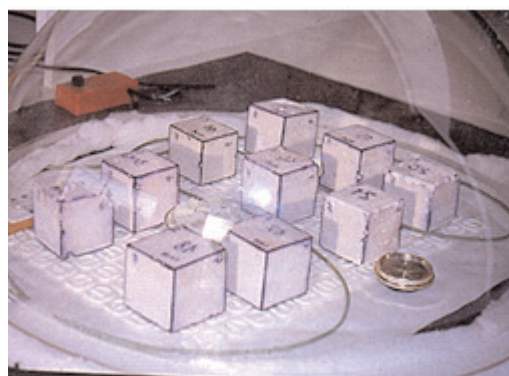


Fig.79- Ensayo de desorción



Fig.80- Cámara climática para ensayos de permeabilidad



Fig.81- Rotura de probetas de mortero por cristalización de sales

carbonatación ha alcanzado la muestra objeto de estudio en un tiempo determinado.

- **Determinación de la densidad aparente, relativa y cálculo del índice de porosidad según UNE EN1015:** a partir de las bases establecidas en el apartado 6 del capítulo 1, se determina las densidades y porosidad de un mortero endurecido de la siguiente manera. Se deseca la muestra para obtener su peso seco. a continuación, se la somete a un vacío y a una posterior inmersión en agua destilada, para que ésta rellene los poros, obteniéndose así un peso saturado de la muestra y un peso hidrostático. Teniendo la masa seca se deduce el volumen que ocupan los poros ya que éstos han sido rellenados de un líquido de densidad conocida, y mediante éste cálculo se determina la porosidad.

- **Permeabilidad, Desorción y absorción:** la capacidad de absorción y retención de agua de un mortero resulta determinante, por lo que éstos son sometidos a ensayo para determinar la permeabilidad al vapor de agua según UNE EN 1015-19 y la desorción y absorción capilar según UNE EN 1015-18. Estas propiedades también pueden determinarse

mediante porosimetría por inyección de mercurio que, basándose en los principios de cálculo de porosidad y densidades, permite determinar las densidades utilizando el mercurio como líquido de densidad conocida.

- **Heladicidad:** sometiendo las probetas a la absorción de sales, tales como el sulfato sódico (Na_2SO_4) éstas, al internarse en los poros del mortero y cristalizar nos muestran la resistencia a las heladas del mortero objeto de ensayo, tal y como se describe en la UNE EN 1015-18.

- **Adherencia:** según UNE EN 1015-12, tras la confección de probetas cilíndricas éstas se colocan en un soporte rugoso y se las somete a una fuerza de tracción mediante un tester para determinar su adherencia al soporte.

- **Conductividad térmica:** según UNE EN 1745, se determina mediante un sensor térmico automatizado conectado a un dispositivo de lectura, permitiéndonos conocer la capacidad de absorción de calor del futuro elemento constructivo.

2. Usos de los morteros y pastas de cal

2.1. Obras de fábrica

2.1.1. Morteros para albañilería

2.1.1.1. Dosificaciones

Desde los tratados antiguos hasta la actualidad, se han especificado dosificaciones recomendadas para la confección de morteros de cal. La Tabla 17, muestra una cronología de obras representativas en las que se trata el tema en cuestión.

Las dosificaciones especificadas a lo largo de la historia suelen basarse en textos cronológicamente anteriores, a las dosificaciones recomendadas por Vitruvio y a las mezclas recientes que se estuviesen efectuando de forma singular y que se querían dar a conocer, tal y como se deduce de la tabla anterior. En general, nos encontramos con morteros 1:2 o 1:3 según la naturaleza y por tanto la forma de los granos de la arena, y dosificaciones especiales como la adición de media parte de cal viva que propone Briguz, entre otras variaciones.

También debemos tener en cuenta que las dosificaciones de los cementos suelen darse en peso, lo cual no es muy probable teniendo en cuenta que en obra solían medirse las cantidades con paladas u otras unidades de volumen populares. Debido a la diferencia de densidades entre el agua, la cal y el árido, y también la notable dife-

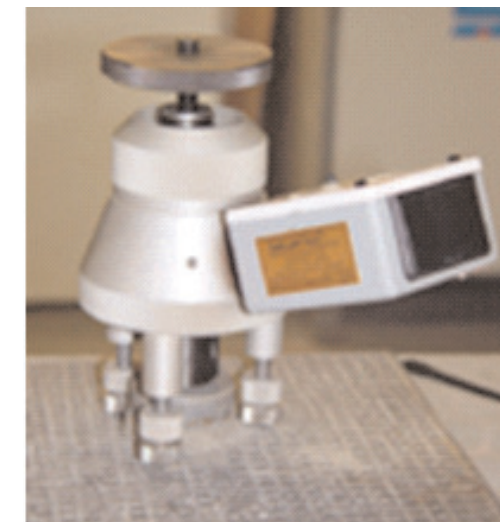


Fig.82- Tester de adherencia
rencia de la densidad de un árido según su tamaño y forma de partícula, así como su granulometría, un mortero dosificado en volumen puede diferir mucho de otro que se haya efectuado con otros materiales.

2.1.1.2. Ejecución

Conocida la dosificación, se mezclan los componentes del mortero según estas proporciones. Fray Lorenzo de San Nicolás (San Nicolas, 1639) recomienda dejar reposar la argamasa antes de su uso dos semanas en verano y un mes en invierno.

Así mismo, se recomendaba dejar reposar también la cal unos meses, tal y como se ha comentado en el apartado de sistemas de apagado. Como esto no era siempre posible, Briguz y Bru (Briguz y Bru, 1738) describe dos métodos para sacar el mayor partido posible a la cal en este caso.

Tabla 17. Extractos cronológicos de diferentes autores

Has no menos de tener cuenta con la arena que mezcla con la cal, porque de una se pone más y de otra menos. De la arena que es marina o de río daban los antiguos tres medidas a una de cal, pero si la arena era cavadiza se daban cuatro, y cuando la querían hacer tenacillima y de mucha resistencia acrecentaba en el arena la tercia parte de pedazos menudos de ladrillo o teja o otro barro cocido. Y de este tal hormigón fueron edificadas las termas y otros muchos edificios antiguos en Roma. (de Sagredo, 1549)
Prevenida la arena, y la cal, las irás gastando en esta forma: si la arena es de río, se echará a dos de arena una de cal, por la falta de jugo que tiene: y si es arena de mina, echarás a cinco de arena dos de cal, echando una vez dos de arena, y una de cal; y otra vez tres de arena, y una de cal, mezcla que de ordinario se hace en Madrid... (San Nicolás, 1639)
Esta mezcla se compone ordinariamente de dos partes, ò tercios de arena, y una de cal, medida viva; ò de tres quintos de arena, y dos de cal, según lo que esta creciere; de suerte, que si fuere muy grasa, y jugosa, le podrán poner tres partes de arena, y una de cal; mas esto no se puede practicar ordinariamente ... (Brizguz y Bru, 1738)
La proporción que debe tener la arena con la cal para que la mezcla sea buena es, tres partes de arena de cava, ó dos de río o de mar para una de cal, y saldrá todavía mejor, si á la arena de mar ó de río se añade otra tercera parte de teja molida y bien cernida. (Perrault, 1761)
Para componer el Mortero se mezcla la arena, y la cal de varios de varios modos. Unos mezclan à una parte de cal tres de arena, cuando es la arena de Mina, y cuando es arena sacada del Río, ò del Mar, solo dos partes de arena. Otros mezclan una mitad de cal; pero cuando se mezcla la tierra, que sirve de estiércol, Magra, hasta una cuarta, y aun menos parte de cal. (Rieger, 1763)
Si la arena fuere de mina, á tres partes de ella se pondrá una de cal, incorporándolo todo bien: y si fuere de río o mar, á dos partes de arena, una de cal: esta regla es la que debe seguirse en la composición del mortero. Si á la arena de mar ó río se añadiese una tercera parte de polvos cernidos de ladrillo cocido, hará una mezcla de mucha mejor calidad. (Ortiz y Sanz, 1787)
Échense en un cuezo tres partes de arena de hoya, y una de cal azogada (372); bátanse, añadiendo el agua que fuere menester, y en estando bien incorporados uno con otro los dos ingredientes, estará hecho el mortero.
Si se hiciere con arena de río recién sacada del agua, se echarán dos partes de arena y una de cal, sin agua, porque tendrá la suficiente la arena para hacer un mortero excelente, con tal que se batan mucho los materiales en el cuezo. Pero si la arena del río estuviere seca, se mezclará igualmente con una tercera parte de cal, bien que se echará en el cuezo la porción de agua correspondiente para que se pueda batir la mezcla cuanto sea menester. (Bails , 1796)
Para el mortero se mezclarán tres partes de arena de mina y una de cal. Si fuere de río o mar, o una parte de cal se darán dos de arena. (Palladio, 1797)

El primer método consiste en hacer dos hoyos adyacentes, uno más grande que el otro, en la tierra. En el pequeño se pone la cantidad de cal que se necesita, y se añade la cantidad de agua necesaria para apagar la cal y batirla. Una vez disuelta y líquida,

se cuela del hoyo grande al pequeño, donde adquiere una consistencia mantecosa. Posteriormente se saca del hoyo y se mezcla y bate con arena. Se denomina a este procedimiento método de apagado en balsa.

El segundo método, que se usaba más que el primero, consistía en colocar en una batidora toda la cal viva a utilizarse en una semana y se añadía toda el agua necesaria para apagarla. Se añadía encima un lecho de arena, cubriendo la cal por completo, duplicando la cantidad de arena la de la cal que esté debajo. Se dejaba reposar dos o tres días para que la cal se disolviera, y se mezclaba con la arena. Briguz comentaba que éste método era el que se utilizaba para la confección de morteros de cal en Holanda.

Finalmente, comentaba como realizar el mortero de la arcilla de San Felipe: se ponía un lecho de cal viva, un lecho de arcilla encima de éste y se añadía el agua necesaria para apagar la cal conforme se iba batiendo la mezcla. A continuación se aplicaba en obra sin dejarlo reposar. Éste mortero tenía las propiedades hidráulicas de un mortero puzolánico de la época.

El autor también relataba un método para mejorar la calidad de un mortero cuando la cal no fuese muy buena:

Se hacen dos hoyos grandes a diferentes alturas. El suelo de ambos es de ladrillo y las paredes de mampostería. Se pone toda la cal que se necesite en el hoyo más alto, se echa toda el agua necesaria para matarla y se hace colar al hoyo que está más

bajo. Después de eliminada toda esta agua se vuelve a añadir la misma cantidad de agua que ha sido necesaria para matar la cal y se bate bien con la batidera y se deja reposar 24 horas. El agua que cubre la cal tiene ahora un color verde, característico de la sal que contenía la cal antes de matarla. Esta agua se echa en un tinajón, retirando y desechando la cal que queda en el hoyo, que ya no tendrá valor alguno. Se rellena el hoyo alto con cal y se mata con el agua del tinajón en lugar de agua clara y se hace colar al hoyo más bajo como en el caso anterior. El resultado es una cal con el doble contenido de sal que tenía en principio. Esta cal enriquecida sirve para obras gruesas, pero si se quiere mejorar todavía más esta cal, se puede repetir el proceso y tras un tercer colado, el mortero será hidráulico (para usarse bajo el agua). La cal sobrante tras el segundo colado es utilizable por lo que no es necesario tirarla como en el primer colado.

Este procedimiento está limitado por su alto coste, por eso solo se preparaba la cantidad de cal necesaria para hacer paramentos o aceras y aquellas partes de los edificios expuestas a las lluvias y al aire. “La otra cal se mezcla con la arena sin esta preparación, y sirve para los fundamentos y paredes gruesas”. El hecho de que los materiales por sí mismos no sean de buena calidad no significa que no se puedan mejorar de forma artificial.

2.1.2. Ladrillos silico-calcareos

Mediante el amoldado y prensado de morteros de cal y su posterior tratamiento de vapor por agua a presión se consiguen piezas de ladrillo realizados con dicha mezcla denominados ladrillos silico-calcareos. Estos se utilizan desde hace apenas un siglo, y están constituidos por entre un 90 y 93% en peso de arena silícea limpia, de granulometrías comprendidas entre 0,5 y 0,09mm.

Para su confección se emplean tanto cales aéreas como hidráulicas, siendo preferible la utilización de las primeras con arenas gruesas o finas de un solo tamaño de grano y las segundas con arenas de granulometría continua o que contengan arcillas.

Para su confección se apaga la cal una vez compuesta la mezcla mediante un tambor giratorio hidratador en el que se inyecta vapor de agua. La masa se prensa a presiones de hasta 1000 kg/cm2 hasta conseguir un contenido de agua aproximado del 6% según la granulometría de la arena, y se deja a unas 10 atmósferas de presión durante unas 8 horas, en término medio. Se obtienen así ladrillos macizos, perforados... con una absorción de agua de entre el 8 y el 18% y una resistencia a compresión de entre 70 y 400 kg/cm3. Esta última puede variar según la composición, forma de los

granos y granulometría de la arena. También será más resistente cuanto mayor sea su contenido en cal y a mayores presiones haya sido sometido.

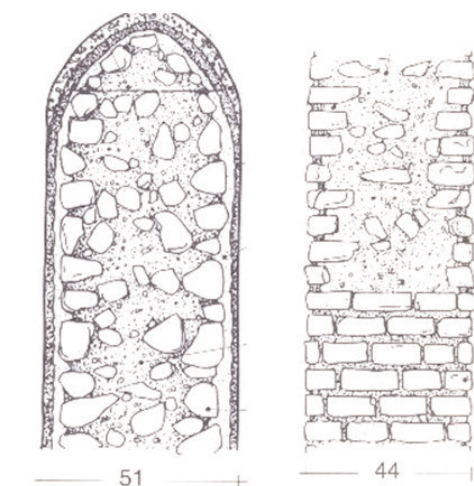


Fig.83- Detalle de opus



Fig.84- Detalle de opus tesellatum I

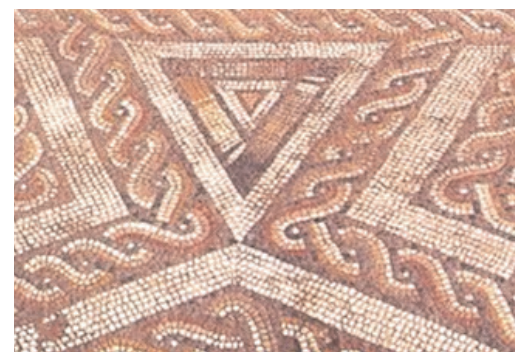


Fig.85- Detalle de opus tesellatum II

2.2. Hormigones

El hormigón es una palabra que viene del latín y significa *calcis estructura*, es decir estructura compuesta de cal. El uso de un conglomerado a base de cal, como material de construcción, es muy antiguo. Ya en el año 300 aC, los romanos llevaban a cabo con dichas mezclas de algunas obras como el acueducto Appio. Marcus Vitruvio Polión, en De Architectura, habla sobre el hormigón (*opus caementicium*) compuesto de piedra de desecho (*caementum*), cal y adiciones como puzolanas naturales, chamota...

Éste es parecido a un mortero romano de cal hidráulica, sólo que además de arena se utilizaba gravilla para dotar de mayor resistencia a la masa. El hormigón romano se realizaba mediante el vertido de dicha masa en el interior de muros de dos o tres hojas de fábrica de ladrillo, que realizaban la función de encofrados perdidos. El sistema constructivo posibilitaba la realización de gruesos muros de alta resistencia debido a la adición de puzolanas que dotaban de hidraulicidad al hormigón, haciendo posible su fraguado aún con espesores que no permitían la entrada de aire y por tanto el proceso de carbonatación necesario en el empleo de argamasas aéreas.

Sólo a partir del siglo XVIII, el término hormigón asume el significado moderno por el

que se conoce hoy en día, un conglomerado que se formula con cemento Portland o artificial.

Hoy en día puede emplearse el hormigón romano en la restauración de estructuras antiguas tales como bóvedas, en las que por sus características no resulte compatible el uso de morteros de cemento.

2.3. Revestimientos horizontales o solados

Los pavimentos se han confeccionado a lo largo de la historia generalmente mediante un lecho de arena sobre el cual se colocaba un mortero de cal para nivelar, y sobre éste las piezas que constituirían el pavimento en sí. El mosaico de Alejandro Magno encontrado en la Casa del Fauno, en Pompeya (Nápoles, Italia), estaba constituido por un acondicionamiento del suelo para un correcto saneamiento, una capa de mortero de cal con adición de chamota y carbón, tejaleta, otra capa de mortero de cal y un teselado de mosaico. (García, 1979)

Actualmente se emplea en raras ocasiones la cal para la confección de pavimentos, ya que en éstos toma gran importancia la impermeabilidad que se adquiere más fácilmente mediante un mortero de cemento. Aún así, existe el empleo de morteros de cal en la restauración, como es el caso de Gamarra y García, S.L. quienes, siguiendo

uno de los criterios de restauración que se exponen en el apartado 1.2 del capítulo 7 del presente proyecto, utilizan los morteros de cal para cubrir los espacios entre los fragmentos de *opus tesellatum* que aún se conservan en algunos pavimentos antiguos.

2.4. Revestimientos verticales

2.4.1. Terminología

En el uso de los morteros de cal como revestimiento, encontramos una variabilidad de terminología según la zona geográfica y el autor que se consulte que crea un cruce de conceptos importante. Por ejemplo, Juan de Villanueva iguala enfoscar y jaharrar, diferenciándolo de revocar y guarnecer. Ignacio Gárate Rojas (Gárate, 1993), tras comentar las definiciones de Villanueva anteriormente citadas, iguala todos los conceptos en el apéndice de vocabulario. Se habla de estuco a la tirolesa y de enlucido a la tirolesa, y no queda clara la diferencia entre ambos.

Por ello, consideramos de interés aclarar en qué contexto vamos a utilizar cada una de estas palabras técnicas en el presente trabajo.

Entenderemos que un revestimiento se compone de una capa de nivelación denominada **enfoscado o jaharrado**, y un poste-

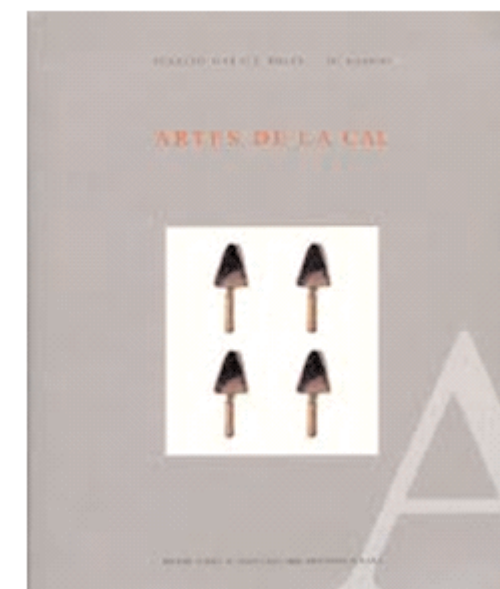


Fig.86- Portada Artes de la Cal



Fig.87- Diccionario de la lengua española

rior tendido o proyectado denominado **revoco** en el cual pueden efectuarse múltiples acabados. El revoco antiguamente se refería a la última capa de acabado del revestimiento continuo situada al exterior del paramento, en la actualidad se puede describir indistintamente con este término la última capa del revestimiento o todo el conjunto. El **guarnecido**, en cambio, se re-

fería antiguamente a la primera y última capa de un revestimiento continuo de yeso tanto en el exterior como en el interior. Actualmente el yeso no se considera apropiado para exteriores y esta palabra se usa para revestimientos realizados en el interior.

Estos acabados pueden ser confeccionados con morteros o pastas de cal, cal y cemento o cal y yeso en el ámbito del presente trabajo. Mediante el empleo de **morteros** se consiguen acabados tales como el revoco liso a la llana, de cal y alabastro, el liso lavado, la sagramatura, los rústicos, etc. También puede confeccionarse un enjabelgado, un revoco mediante *hot lime*, o mediante un *tadelakt* con árido, cuyas variaciones comentaremos más adelante.

Mediante el empleo de **lechadas y pastas de cal** se realizan los encalados, una de las variantes del *tadelakt*, la pintura al fresco, y la veladura y la pintura de cal mediante agua de cal.

El **estuco** constituye un revoco cuya capa final lleva polvo de mármol, denominado **marmoración**, y puede acabarse con la mayoría de las técnicas mencionadas anteriormente, por lo que un revoco a la tirolesa y un estuco a la tirolesa no serían sinónimos. Además, puede aplicarse a los estucos una pintura al fresco, la cual puede someterse a un planchado o no, y en el caso de los esgrafiados la capa anterior que queda vista puede tener una gran variedad de los acabados anteriormente citados, y la capa superior otros tantos. Por tanto, nos encontramos ante una infinidad de posibles combinaciones a la hora de realizar un revestimiento.

Finalmente, es importante aclarar que un **enlucido** se refiere a la capa de acabado de un revestimiento, refiriéndonos así a un estuco enlucido como la capa final de éste.

2.4.2. Ejecución

2.4.2.1. Consideraciones previas

Para la puesta en obra de un revestimiento en una fábrica, el soporte debe ser preparado siguiendo las consideraciones detalladas a continuación.

En primer lugar, el paramento debe estar libre de humedad por agua de lluvia, humedades por capilaridad debido al contacto con el suelo, pinturas, polvo o cualquier otro elemento que disminuya la adherencia del mortero. Por otro lado, también es conveniente que el paramento no esté del todo seco para que no absorba la humedad del mortero, secando demasiado rápido el revoco aplicado.

Si el revoco se realiza mediante cal grasa es conveniente espaciar el tiempo de aplicación entre las capas para facilitar la carbonatación del paramento, sin permitir que la desecación sea demasiado brusca y se produzcan fisuraciones. Para ello, debe

mantenerse el paramento húmedo durante la primera semana. En función de la situación climatológica el tiempo de demora entre las capas será de entre 3 y 6 semanas. Si éstas son muy espesas es preferible realizar dos manos más finas en lugar de una sola del espesor final deseado.

Deberán preverse las posibles reacciones de los aglomerantes con algunos de los compuestos de los ladrillos, como los sulfatos solubles de los ladrillos que pueden reaccionar con los cementos y las cales de los morteros.

2.4.2.2. Ejecución del Enfoscado

Para ejecutar el enfoscado maestreado, se disponen sobre el soporte previamente limpio, maestras verticales con separación que no supere un metro. Se humedece la superficie del soporte, se aplica el mortero entre maestras, de manera homogénea, procurando que éste se introduzca en todas las irregularidades del soporte para no falsear su adherencia.

Para realizar el enfoscado sin maestrear, se humedece la superficie y seguidamente se ejecuta el enfoscado, teniendo también especial cuidado en que el mortero penetre en las irregularidades del soporte.

Con este método se pueden conseguir tres acabados diferentes que deben realizarse previamente al final de fraguado. Aplicando una regla sobre el paramento se consigue un acabado rugoso, si se emplea en cambio un fratas sobre la superficie fresca hasta lograr que ésta esté plana se consigue un acabado fratasado. Por último, empleando también la llana sobre la superficie fresca y aplicando una capa de pasta para tapar los poros se consigue un acabado bruñido.

2.4.2.3. Ejecución del Revoco

En primer lugar se regará el paramento enfoscado para acabar de limpiarlo, así como para evitar que tome humedad de la pasta cuando ésta sea aplicada.

Si el paramento es de superficie irregular, se procederá a la colocación de maestras. A continuación se proyecta enérgicamente en pasos sucesivos y próximos en el tiempo la primera capa del revoco para conseguir una sola capa, que al día siguiente de su ejecución tendrá que someterse a un cepillado para quitar los granos de arena de la última capa. Se procederá análogamente con la segunda capa. La capa final del revoco dependerá del acabado que se desee. En muchos casos, el revoco finaliza con un **repretado**, que consiste en apretar el mortero con fuerza mediante la llana y levantar

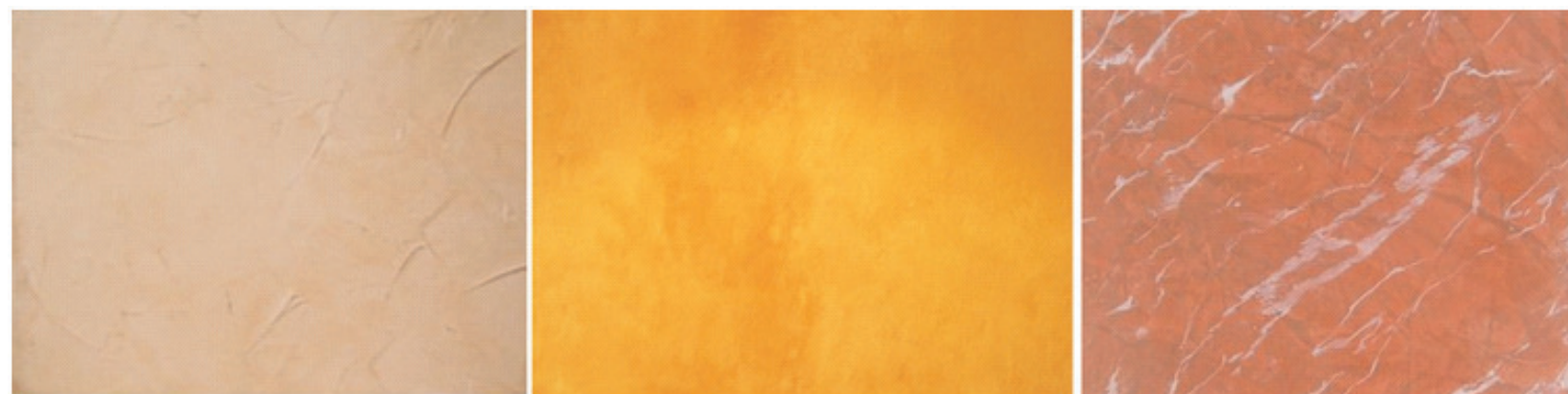


Fig.88- Variantes de estucos

tándola rápidamente del plano, produciéndose así un efecto de succión que transporta a la superficie el agua de cal mejorando su carbonatación. Además, esta operación evita fisuraciones y aumenta la compacidad, dotando así al revoco de una mayor resistencia mecánica.

En la sucesión de capas debe tenerse en cuenta que para mejorar la impermeabilidad del mortero es conveniente que las capas sucesivas contengan cada vez un árido más fino para así disminuir la porosidad capilar sucesivamente, creando así un mortero secante.

Las herramientas necesarias para la realización de revestimientos, así como el vocabulario referente a la cal y sus aplicaciones pueden consultarse en el anexo 3 del presente proyecto.

Encontramos múltiples variantes en los acabados de los revestimientos verticales. Éstos se comentan con mayor detalle en el capítulo 6 del presente proyecto.

2.4.2.4. Revestimientos de morteros puros de cal

Para cualquier tipo de revestimiento, debe existir una compatibilidad entre los materiales que componen el paramento y los que componen el mortero, ya que la resistencia

del mortero no debe ser superior a la resistencia del sillar o ladrillo. El paramento de soporte debe estar endurecido, exento de suciedad o impurezas y debe ser rugoso para garantizar la adherencia. De no ser así, deberá picarse para asegurar dicha rugosidad, o bien colocar una malla que, al mismo tiempo, absorberá las deformaciones. Actualmente, se colocan mallas de tela de gallinero o de fibra de vidrio para evitar las fisuraciones por dilatación o contracción de los materiales que componen el paramento.

En caso de realizarse una capa previa de nivelación, ésta deberá también ser rugosa para garantizar la adherencia.

Deberá humedecerse el soporte para evitar que el agua el mortero migre hacia el paramento, produciéndose un secado demasiado rápido y por tanto fisuraciones.

A continuación se procederá al amasado del mortero, preferiblemente de forma mecánica, obteniendo una pasta cremosa y trabajable, pero no demasiado fluida, ya que eso comportaría un exceso de agua y un mayor riesgo de fisuración.

La aplicación del mortero se realiza mecánicamente mediante una o dos capas proyectadas, la primera ortogonal y la siguiente a 45°, o bien manualmente en dos

o tres capas. Entre cada capa es necesario esperar a que ésta endurezca lo suficiente.

La primera capa se denomina **capa de agarrar**, tiene un espesor de entre 15mm en morteros mixtos y hasta 20mm en morteros de cal. En el segundo caso debe realizarse en varias manos, siendo mecánicamente más resistente la del interior. La superficie de esta capa deberá quedar rugosa para garantizar la adherencia de la segunda capa.

La segunda capa se denomina **cuerpo de enlucido o regulación**, tiene un espesor de entre 1 y 15mm. Debe ser compacta y homogénea, y también rugosa para recibir la tercera capa.

La **capa de terminación** es la tercera capa de un revestimiento y tiene un espesor entre 5 y 7mm distribuido en dos capas. Esta capa conferirá la protección al revestimiento ante las agresiones externas, así como su impermeabilidad. Existen diferentes acabados según la zona y el artesano que las realice, que se detallan más adelante. Si a esta capa se le añaden pigmentos para su coloración, estos deben constituir un porcentaje menor al 5% respecto al peso de cal apagada empleada.

Para evitar la aparición de humedades por capilaridad se recomienda realizar un corte

a 60cm de altura del paramento, en los que se recomienda aplicar el revestimiento con llana. En caso de que dicho paramento se encuentre expuesto al agua, se recomienda el uso de cal hidráulica, excepto en tapias, mamposterías, hormigón celular o ladrillo, en los que se recomienda la aplicación de un hidrofugante en la superficie.

La aplicación de morteros puros de cal en revestimientos se recomienda que la temperatura ambiente oscile entre los 10 y los 30°C, evitando los periodos extremos en cuanto a humedad relativa (ANCADE, 2008). Además, debido al lento proceso de carbonatación de la cal aérea se recomiendan espesores máximos de 10mm. En los días posteriores a su puesta en obra se recomienda proteger el paramento de los agentes externos mediante lonas o plásticos para evitar el secado excesivamente rápido del mortero que además de la pérdida de agua de amasado podría conllevar una retracción y una mala carbonatación y por tanto mal endurecimiento de éste. Por ello, deberá humedecerse periódicamente el paramento. La adición de materiales puzolánicos al mortero disminuye este riesgo.

Los revestimientos con morteros de cal pueden ser utilizados para proteger soportes antiguos, que son normalmente muros de fábrica de ladrillo o piedras. Es neces-



Fig.89- Tratado de Alberti
rio tener en cuenta en esos casos, que la preparación del soporte debe efectuarse de forma más minuciosa para obtener un buen resultado.

“Para que los jarrados, enlucidos y revocos duren mucho tiempo y no se hiendan, se ha de cuidar de no aplicarlos hasta que las paredes y tabiques estén bien secos; porque los jarrados expuestos al aire, secándose más prontamente que lo interior de las paredes y tabiques, se hienden y quebrantan. (Alberti, 1582)”

Las juntas deben ser saneadas mediante limpiado por cepillo, humedecidas y rellenadas con un mortero de cal aérea, a este proceso se lo denomina **rejuntado**. En el caso de las antiguas mamposterías de pie-

dra, así como los antiguos revestimientos, deben ser picados y deben quedar libres de polvo. Para ello, es aconsejable emplear un compresor de aire o agua a presión. Los bloques de piedra o ladrillo fisurados o degradados deben ser sustituidos previamente a la aplicación del revestimiento. Así mismo, deben rellenarse los huecos, grietas y fisuras del soporte.

En caso de existir humedad por capilaridad en el paramento, ésta deberá tratarse previamente a la realización del revestimiento. En el caso de querer restaurar un muro de mampostería, pueden confeccionarse juntas de sellado, para mantener la apariencia original del paramento. Si la piedra no confiere un plano vertical, deberá aplicarse un revestimiento en dos capas. Si la piedra presenta caras suficientemente levantadas en cambio, puede realizarse un revoco parcial “a piedra vista” para disimular la falta de planimetría del muro.



Fig.90- Juntas de sellado

En los soportes de madera, la adherencia entre ésta y el mortero es muy escasa, por lo que conviene colocar una malla metálica de agarre. En el caso de las vigas, se recomienda realizar una capa previa de gubia o formón que le conferirá mayor rugosidad.

También puede aplicarse pintura asfáltica para evitar la entrada del agua del mortero en la viga. A continuación, éstas se pueden cubrir con alambre o cuerda en zigzag anclando el sistema mediante clavos. Finalmente se aplicará el mortero de cal. Se procederá análogamente en el caso de soportes con elementos metálicos auxiliares, empleando en todo caso una pintura asfáltica que prevendrá la aparición de óxido.

Los tapiales, debido a su contenido arcilloso, no suelen ser compatibles con las cales hidráulicas, por lo que los artesanos recomiendan utilizar cal aérea apagada. Parea garantizar la adherencia puede utilizarse una malla o una antigua técnica consistente en una disposición de clavos o puntas galvanizadas que repartan el peso del revestimiento, ambas soluciones tan sólo serán necesarias si el revestimiento a realizar tiene un grosor considerable. En el caso de la técnica de colocación de puntas, estas deberán quedar cubiertas por el revestimiento. En caso de no ser necesario

ninguno de los dos sistemas, se procederá a la limpieza del soporte y la humectación del tapial con lechada de cal previo a la aplicación del revestimiento.

En los revestimientos de hormigón celular producidos en autoclave debe tenerse en cuenta que éste es un soporte débil, por lo que se recomienda la utilización de cal aérea y la aplicación del revestimiento en tres capas, cuyas respectivas resistencias mecánicas deberán decrecer del soporte a la capa de acabado.

2.4.2.5. Revestimientos de morteros mixtos de cal y cemento

Para la realización de revestimientos de morteros mixtos debe tenerse en cuenta la compatibilidad de materiales y, como se ha comentado anteriormente, la resistencia mecánica del mortero no debe ser superior a la del soporte. Dicho soporte debe someterse también a una preparación previa para garantizar la adherencia.

Se procederá análogamente a los morteros puros de cal, teniéndose en cuenta que si el espesor del revestimiento supera los 15mm dicho revestimiento deberá realizarse en varias capas. También deberá mantenerse la capa revestida húmeda hasta el fraguado del cemento.



Fig.91- Molduras de cal y yeso

2.4.2.6. Morteros mixtos de cal y yeso

El empleo de revestimientos confeccionados mediante morteros de yeso y morteros mixtos de cal y yeso en las técnicas tradicionales para revestir es abundante.

Encontramos revocos de yeso tendido a la madrileña, a la catalana y esgrafiados, así como proyectados a la tirolesa o a la rasqueta. Los morteros mixtos de cal y yeso se emplean, además de para los acabados descritos anteriormente, para los revocos rústicos de acabado pétreo o a la martillina (Barahona, 2000). En el capítulo 6 del presente proyecto se detallan más ampliamente dichas técnicas.

Por otro lado, para la fabricación de molduras y renovación de revestimientos suele emplearse el yeso con adición de cal aérea. Ésta mejora la adherencia y trabajabilidad de un mortero de yeso, y se permite la

utilización de pigmentos inorgánicos. Debe tenerse en cuenta que estos morteros son solubles en agua, por lo que en algunos casos se emplean aditivos retardadores de fraguado y/o retenedores de agua (Gárate, 1993).





OPUS REVOCO TIROLES
CAL PASTA
CICLO APAGADO
LECHADA
HORNO
RABOQUETA
ESTUQUE



Capítulo 6. Revestimientos verticales tradicionales

“No hay leyes, ni tradiciones ni reglas que se puedan aplicar universalmente incluyendo ésta”.

Anónimo

1. Revocos

Se distinguen los revocos aplicados de los lanzados o proyectados. Los primeros son más duraderos debido a su cohesión, dureza y adherencia al enfoscado que le confiere el repretado. Los revocos proyectados, en cambio, necesitan menos trabajo pero al tener una mayor rugosidad son más susceptibles a las agresiones externas. Los revocos se consideran tradicionales si entre sus componentes no intervienen los aditivos. (Gárate, 1993)



Fig.92- Revoco monocapa de cal



Fig.93- Llanas de madera

Existen infinidad de variaciones en los acabados que pueden aplicarse a un revoco. Los más representativos se resumen a continuación.

1.1. Monocapa

Son morteros compuestos de cemento y/o cal hidráulica junto a aditivos tales como resinas sintéticas, cargas minerales y fibras. Se componen en fábrica y se aplican proyectados en una sola capa sobre el paramento, lo que les confiere el nombre por los que son conocidos. Se aplican sobre el soporte o sobre un previo enfoscado proyectado o bien aplicado con llana de forma continua de la parte inferior hacia la parte superior del paramento, obteniendo un revoco de 1 cm aproximadamente.

Este sistema se encuentra muy extendido en la actualidad, pero no se considera una técnica tradicional.

1.2 Liso a la llana

Para realizar un revoco liso a la llana, la capa final se proyecta y alisa mediante el dorso de la llana. A continuación, se espera entre 15 y 60 minutos para permitir la eliminación parcial del agua y se efectúa el repretado. Finalmente, se efectúa el acabado, entre los que destacan los siguientes:

- **Revoco mate:** Se aplica con la llana en vuelta en un trapo.
- **Revoco apomazado:** Se aplica con la llana y se apomaza mediante una piedra pómez, quedando mate y muy fino.
- **Revoco brillante:** Se aplica con llana repetidas veces y aplicando fuerza.

1.3. De cal y alabastro

Se aplica una proporción de cal apagada, preferiblemente “in situ”, y alabastro yesoso y china de mármol en proporción 2,5:1,5 mediante fratás y la llana (Gárate, 1993).

1.4. Liso lavado

Emilio Quilez (Gárate, 1993) describió el procedimiento para efectuar un revoco liso lavado, así como sus variantes. El procedimiento básico consiste en realizar dos manos con talocha, alisar con la llana y bruñir con agua.

La variante madrileña consiste en la realización de un enfoscado de cal y arena segoviana en proporción 1:3 o 1:4, seguido de las dos capas de revoco a talocha. Tras el repretado, se deja el grano del mortero en relieve limpiando la cal con un cepillo de expulsar, en sentido vertical y ortogonal.

Otra variante es el revoco liso lavado con llaga retundida, que consiste en confeccionar

el mortero con cal y arenilla de piedra caliza, arena de Colmenar con una parte de cristal molido, o bien granito con cristal molido, consiguiendo así una textura diferente en el acabado final.

1.5. Sagramatura

Se procede realizando una mezcla de cal grasa, ladrillo triturado o tierra mineral y agua. Se extiende así un enfoscado en finos estratos o veladuras repetidas veces. A continuación se pule manualmente mediante un ladrillo plano, que confiere más color al paramento al mismo tiempo que consigue una textura muy fina. Esta técnica se utilizaba en Italia en el siglo XVIII (Gárate, 1993).

1.6. Rústicos

Se emplea para el revoque rústico una dosificación de cal y arena de 1:4 o 1:3. Se realiza mediante varias capas, alcanzando un espesor de unos 2cm. Como árido suelen emplearse triturados de la piedra que se pretende imitar, a no ser que se pretenda un posterior pintado. Se realizan dos manos con el fratás, seguido de un bruñido y un despiece de paños con llagueros, es decir, se imita un aparejo de sillares de junta lisa. Se raspa la superficie interior de cada piedra figurada y se cepilla o barre la superficie. Finalmente, se aplican en el in-



Fig.94- Revoco brillante



Fig.95- Ejecución de la sagramatura: Se procede realizando una mezcla de cal grasa, ladrillo triturado o tierra mineral y agua. Se extiende así un enfoscado en finos estratos o veladuras repetidas veces. A continuación se pule manualmente mediante un ladrillo plano, que confiere más color al paramento al mismo tiempo que consigue una textura muy fina. Esta técnica se utilizaba en Italia en el siglo XVIII (Gárate, 1993).

1.7. A la martillina

Se trata de repretar mediante dicha herramienta, primero en sentido ortogonal y a continuación con una inclinación de 45° de forma desigual, para crear un efecto de sillares reales de aspecto diferente entre sí. También puede efectuarse una tercera tex-

tura superponiendo las dos bocas de la martillina. Finalmente se cepilla el paramento para eliminar los granos sueltos.

1.8. A la rasqueta

Se aplican dos manos de mortero grueso mediante fratás para asegurar la adecuada adherencia. Cuando esta segunda capa está prácticamente seca, se procede al raspado de la última capa en sentido ortogonal y a continuación con una inclinación de 45°, procurando no rasgar la primera capa. A continuación se realiza el despiece de paños y finalmente, mediante un cepillo de crin, se eliminan los granos sueltos.

El revoco a rasqueta rayado en forma de persiana se efectúa mediante una aplicación mediante fratás de mortero de cal con mármol blanco machacado, al que se le realiza un rayado horizontal mediante cangreja.



Fig.96- Revoco a la martillina



Fig.97- Rasqueta metálica; Art.620 Ancora

El revoco de rasqueta proyectado se efectúa sobre dos manos y una de repretado de mortero tenido con fratás. Seguidamente se proyecta el mortero con fuerza mediante la paleta, se rasca con rasqueta dentada por ambos lados y finalmente se procede a un lavado con escoba de cerdas.

El revoco a rasqueta fina se efectúa sobre dos manos y una de repretado de mortero tenido con fratás, y un rascado con rasqueta doble. La diferencia es el mortero que se utiliza, que se compone de flor de cal y arena silíceo de Segovia, de color ocre rosado.

1.9. Picado a gavlán o palillo

Se consigue una imitación de piedra de labra basta, trazando juntas de sillería imitando el acabado a puntero y picando las caras internas de los supuestos sillares a gavlán, es decir con los ángulos posteriores de la paleta de bruñir.

1.10. Pétreo

Se emplea como árido la china de barroqueño o imitación de granito machacado y cal, tendido mediante llana. Se perfilan las juntas con el paletín y de las caras se saca la capa exterior de la lechada con brocha plana, agua en abundancia y cepillos de crin.

1.11. Messel

Parecido al revoco rústico de Munich, consistente en añadir mortero de grano grueso al endurecerse la primera capa para arrastrar después éste con la paleta de arriba a abajo, dejando surcos verticales de mimetismo pétreo.

1.12. Antiguo alemán

Se procede análogamente al revoco Messel, pero el alisado con llana se realiza con movimientos circulares.

1.13. Patsch

Se procede aplicando una primera capa de mortero que se alisa con llana. A continuación se aplica una segunda capa de pasta muy fluida y, con la llana mojada de agua limpia sobre el revoco fresco, levantándola con rapidez. Este repretado con exceso de agua, junto a la velocidad en que se separa la llana produce un efecto de succión que confiere una rugosidad única al paramento, además de mejorar su proceso de carbonatación.

1.14. Romano

Los revocos que se emplearon en el Imperio Romano contenían dosificaciones variadas de cal grasa, puzolana, yeso, arena, polvo de mármol y pigmentos (Marta,

1985). Las técnicas más comunes eran el opus tectorium o arenatum, un revoco de cal blanca para recibir la pintura al fresco; el opus marmoratum, un revoco de cal batida y polvo de mármol; y el opus figlium: un revoco perfilado sobre piezas cerámicas con fines decorativos. El revoco romano se componía de dos capas de opus arenatum, la segunda más fina que la primera, y una capa de acabado de opus marmoratum.

“Hácese metódicamente cuando se forman de diversas capas, cuidando de dejar secar la una antes de poner la otra. Los antiguos ponían seis capas, tres de mezcla de cal y arena y tres de estuco”. (Perrault, 1761)

1.15. Estuco

Es un revestimiento continuo de acabado, tanto para interiores como para exteriores, que se utiliza para enlucir, realizado con pasta de cal o yeso y polvo de mármol (ANCADE, 2008). Nos centraremos en los estucos de cal que, compuestos por cal en pasta, polvo de mármol y pigmentos endurece por carbonatación de la cal llegando a una finura de brillo imitación al mármol. En el apartado 2 del presente capítulo se detallan las múltiples variedades de realización y acabado de este fino revestimiento.



Fig.98- Estuco



Fig.99- Acabado a la tirolesa

1.16. Tirolesa

El revoco a la tirolesa o tiroliana es una capa proyectada de cal y arena de grano fino. Se emplea para la tirolesa una dosificación de cal y arena de 1:3,5 (Garate, 1993). Se realiza directamente sobre el enfoscado o bien sobre una capa de preparación de unos 3mm bien extendida con el fratás. A continuación se proyecta la capa denominada tirolesa, de grano fino mediante una escobilla de brezo.

La variante actual se realiza como sigue. Se proyecta una primera capa y a continuación otra a 45° para preparar el paramento. A continuación se proyecta el mortero final mediante una escoba corta desde distintos lados, repitiendo la operación cuanto sea necesario. Dicho mortero será de grano más grueso si la proyección se realiza mediante una paleta.

Otra variante consiste en la tirolesa imitación ladrillo, que consiste en proceder con la técnica del liso lavado y a continuación se cortan las juntas con cangreja y se colorea con la técnica al fresco. El acabado es uniforme y rugoso.

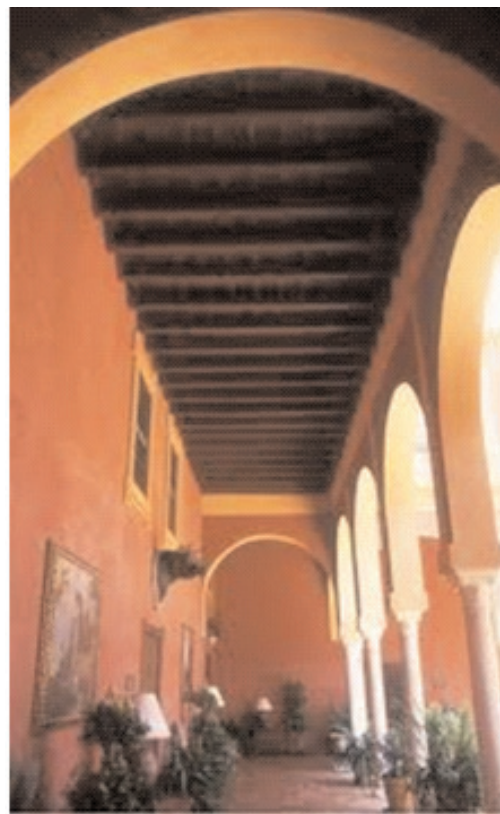


Fig.100- Enjabelgado

1.17. Enjabelgado y encalado

Debido a las propiedades fungicidas y desinfectantes de la cal, ésta se empleaba antiguamente para pintar muros tanto interiores como exteriores. Para ello, se utilizaba lechada de cal, es decir cal y agua, tanto de cal apagada como de cal en pasta diluida.

No debe ser confundido con los **enjabelgados**, cuyas técnicas aunque similares difieren en la composición de éste. Es decir, mientras el **encalado** se efectúa mediante una lechada de cal, el enjabelgado se realiza con un fino árido.

Para conseguir un encalado estable debe adicionarse acetato de polivinilo. También pueden emplearse, tras un previo ensayo, fijativos para conseguir colores más vivos.

Para la ejecución de un encalado, estos deben aplicarse sobre soportes rugosos libres de polvo y otras impurezas, como las pinturas de resinas sintéticas o revestimientos que contengan impermeabilizantes, ya que sobre estos no tienen adherencia. Si el encalado se realiza entre dos o cuatro horas después de haberse realizado el revestimiento, es decir cuando este aún está fresco, se denomina "al fresco", y este encalado se integra en el revestimiento. Si se encala posteriormente al secado del reves-

timiento, humectándolo previamente, se denomina encalado "en seco".

Según la transparencia que se pretenda obtener, los encalados se prepararan con una dosificación en volumen de cal y agua 1:2 a 1:5. En cuanto a la proporción de pigmentos, ésta no debe ser superior al 5% en peso del conglomerante seco si se trata de pigmentos realizados con tierras y el 10% si estos se realizan con óxidos. La mezcla que se emplea generalmente, según ANCADE (ANCADE, 2008) es de 25kg de cal, 100 litros de agua y 2 litros de solución comercial de acetato de polivinilo que permite que el encalado se mantenga estable.

Su aplicación debe efectuarse a temperaturas superiores a los 5°C, aplicando el encalado mediante brocha flexible o un pincel denso cuyas cerdas no podrán ser de nylon, mediante un movimiento de arriba abajo. Se realizará una primera capa diluida para unificar el soporte y 24 horas después, tras humidificar la primera, se aplicará una segunda capa blanca o pigmentada.

Algunos artesanos aconsejan utilizar 5ml de jabón por 10 litros de lechada al aplicar la capa pigmentada, para una mejor distribución de estos pigmentos.

Además de sus aplicaciones como revestimiento, los encalados se utilizan también para proteger la madera, así como para la desinfección de lugares húmedos o con presencia de bacterias, como las bodegas, las granjas, los sótanos, etc.

1.18. Pintura de cal

La pintura de cal, a diferencia de las lechadas de cal, se obtiene mediante la pigmentación de la denominada agua de cal, que se obtiene del agua superficial sobrante de una pasta de cal. El efecto de acabado es semejante a la acuarela en transparencia, luminosidad y admite una gran variedad cromática. Puede aplicarse desde una sola capa, haciendo una veladura o capa de color prácticamente transparente, hasta ocho capas consecutivas. El agua de cal también se utiliza para el sellado de microfisuraciones en revestimientos existentes. La pintura de cal también se utiliza para la confección de estucos pintados al fresco, tal y como se comenta en el apartado 2 del presente capítulo.

1.19. Tadelakt

El término se deriva de tadelakt "dellek", o "amasado, maceración" para dar testimonio del hecho de que sólo a través de un cuidadoso proceso de mezclado y aplicación se obtiene una superficie impermeable y estética impresionante, lo que lo convierte



Fig.101- Fresco de San Marcos, Venecia



Fig.102- Fresco iglesia de Zone, Italia en una técnica única. Esta técnica no se utiliza en España, pero según las fuentes bibliográficas consultadas dicha técnica tiene dos variantes que se detallan a continuación.

Según l'Ecole d'Avignon (Avignon, 2003), el tadelakt constituía tradicionalmente un acabado fino realizado con cal y repretado, suave y brillante que se utilizaba para revestir zonas húmedas, tales como los hammam o las fuentes. Sus extraordinarias cualidades de resistencia al agua son comparables, si no superiores, a los de los morteros hidráulicos utilizados por los romanos para la construcción de acueductos, cister-



nas y termas. Actualmente se usa como un revestimiento decorativo de las piezas nobles y como tratamiento de fachadas decorativas.

Se trata de una cal en polvo que se calcina en un horno tradicional. Una vez obtenido el óxido de cal, éste se tamiza para eliminar impurezas tales como las calizas poco o excesivamente cocidas. Se obtiene un producto con tamaño de partícula inferior a 2mm, que se embolsa para su uso. En Marrakesh se utiliza la caliza local, pero en cambio en Fez se utiliza la cal fina mezclada con arena también fina.

Tradicionalmente a penas se empleaban pigmentos en esta técnica, pero su evolución hacia fines decorativos ha desarrollado el uso de pigmentos de tierra natural, óxidos metálicos, azul de ultramar... por otro lado se utilizan dos aditivos: un suave jabón a base de aceite de oliva, cuyo uso se relaciona con la aplicación y no la fabricación de mortero, y la yema de huevo, que se re-



Fig.103- Aplicación del tadelakt

lacionó su uso en el pasado para estanciar los hammams, por lo que su utilización en la actualidad parece ser muy escasa.

La confección del mortero se lleva a cabo 4 días antes de su aplicación, se sumerge la cal en polvo en una balsa donde ésta se apaga. 24 horas más tarde se quita el exceso de agua para obtener la consistencia adecuada, se añaden los pigmentos si procede y se remueve.

Según el Forum Italiano della calce (Forumcalce, 2010), el proceso de mezclado de la cal con agua y aplicado en una sola capa y luego aplanado, liso y pulido con la ayuda de jabón negro, se obtiene una superficie impermeable y estética impresionante, lo que lo convierte en una técnica única.

El material que la hace único al Tadelakt es un tipo particular de cal débilmente hidráulica, producida por artesanos de Marrakech, cerca de bereberes que se transmiten de generación en generación los secretos de la selección de las materias primas y la cocción.

La cal se obtiene por la calcinación de piedra caliza impura cocida en hornos de leña de oliva y aceite de palma durante unas 30

horas. A continuación se apaga con una pequeña cantidad de agua, y se macera con un tamiz de 3.2 mm y se embolsa.

Una vez en obra, la piedra caliza se mezcla con agua, sin adición de arena, porque contiene en sí mismo un pedazo de piedra caliza incocida que actúa como árido.

El Tadelakt se aplica con llana a mano con madera, dando al revestimiento un espesor de 2.1 cm. Inmediatamente después de la aplicación, se procede al pulido mediante piedras de río y jabón negro.

El tadelakt se aplica con temperaturas de 5 a 25 ° C, y es necesario contar con protección contra el viento y la radiación solar. Para su puesta en obra, se humedece el paramento con agua enjabonada y a continuación se aplican dos capas, análogamente al encalado, obteniendo un revestimiento de unos tres milímetros. A continuación se procede al fratasado mediante una espátula, alternado con el pulido mediante rodillo en movimientos circulares para hacer en enlucido suave y brillante.

Los revestimientos de Tadelakt, si se llevan a cabo correctamente, son totalmente impermeables y aptos para interiores y exteriores, incluso en contacto directo con el agua.

La aplicación que enuncia l'École d'Avignon no utiliza cal o bien cal con arena cuyo tamaño máximo de partícula es inferior a la versión del Forum Italiano, quienes no utilizan cal sino los incocidos como áridos. En cuanto a los aditivos, el primero comenta el uso tradicional de jabón o yema de huevo como tales, mientras que el segundo utiliza un jabón negro como enjabonado previo y como pulido final. Por tanto, parecen ser técnicas muy similares pero con variedades. Sería interesante investigar si se trata de dos variedades de una misma técnica o dos interpretaciones de la aplicación en su país de origen.

1.20. Hot lime

En la Gran Bretaña existe un método históricamente muy común en cuanto a la confección de un mortero, que hoy en día puede ser una alternativa a tener en consideración en cuanto a métodos de restauración. Muchas personas tienen la idea errónea que la mayor parte de morteros históricos se confeccionaron con una mezcla de pasta de cal y arena. Si bien es cierto que ésta era una práctica muy común, los sajones también utilizaron una mezcla designada a la confección de morteros para enlucidos o para acabados extremadamente finos denominada *hot lime*. Estos morteros resultaban fáciles y rápidos de confeccionar, y tenían un mayor rendimiento que los morteros de pasta de cal.



Fig.104- Hammam, Marruecos

En primer lugar, se medían los volúmenes adecuados de cal viva y arena, habitualmente en proporciones 1:3 o 1:4. Se colocaba en un lecho la cal viva y a su alrededor se disponían montículos de arena para cubrir posteriormente el óxido de cal. La humedad de la arena apagaba la cal en una noche, y posteriormente se tamizaba la mezcla de hidrato cálcico y arena para eliminar los terrones no cocidos o los excesivamente cocidos, así como las partículas gruesas de cal. Finalmente se añadía agua a la mezcla para formar el mortero. Otro método consistía en realizar la mezcla de cal viva y arena, agregando el agua inmediatamente, por lo que se apagaba rápidamente la cal y se obtenía un mortero al mismo tiempo.

Ambos métodos fueron utilizados a menudo en la construcción de edificios tradicionales, y un indicador común para la presencia de estos tipos de mortero son las pequeñas inclusiones de cal que se encuentran en muchos morteros históricos. Si estas mezclas fueron hechas de pasta de cal, las inclusiones suelen aparecer aplanadas y manchadas en toda la superficie del mortero. (Wingate, 1985)

2. Caso singular, el estuco

2.1. Proceso ejecutivo

Para la realización de un estuco, en primer lugar se cepilla el soporte. A continuación se realiza una primera capa mediante fratas de pasta magra, se procede análogamente con la segunda, seguido de una capa final de repretado, alcanzando el estuco un grueso de hasta 20mm.

El grosor viene determinado por la dimensión de los áridos utilizados, que decrecerá del soporte al exterior para garantizar una buena porosidad capilar que, por tensión superficial, impermeabilice el paramento.

La guía práctica para los morteros con cal recomienda las dosificaciones más adecuadas para la confección de estucos, que se recaban en la siguiente tabla. (León, 1998)

Tabla 18. Dosificación de los estucos

Cal	Uso	Cal hidratada (kg)	Tamaño máximo de la arena (mm)			
			2,5	1,2	0,8	0,4
Magra	Primera capa sobre enfoscado regleteado	156	125	50	25	
Magra	Primera capa sobre enfoscado fratasado	156		150	25	
Magra	Primeras capas y repretados	156			175	
Grasa	Capa de acabado, estucos textura fina	156			50	25

2.2. Acabados del estuco

Según su proceso de trabajo, los estucos se clasifican como se resume en la Tabla 16 (León, 1998)

2.2.1. Estucos enlucidos

El estuco enlucido más común es el denominado **fino y mate**. Tras la realización de un enfoscado de mortero de cal en pasta o mortero mixto, se fratas y se aplica la primera capa de revoco, compuesta por cal y arena de mármol con una granulometría de 1,2mm. Tras un segundo fratasado, se aplica una capa de mortero de cal y arena de mármol con una granulometría de 0,8mm y se vuelve a fratar. A continuación, se realiza un repretado y se repite la capa anterior seguida de un reenlucido con lechada y polvo de mármol. Tras lavar el paramento fresco con una paletina mojada a plomo y a nivel, es decir, de arriba abajo

y de izquierda a derecha respectivamente, se realiza un bruñido con pincel de esparto también a plomo y a nivel. Este tipo de estuco sirve tanto para exteriores como para interiores, y puede constituir la base de un planchado, una pintura al fresco, etc.

El **enlucido destonificado** se realiza análogamente al estuco fino y mate, pero la última capa de acabado se tiñe con un pigmento diferente al de las capas anteriores, consiguiéndose así un efecto de contraste.

Para la realización del **estuco planchado en caliente**, se procede análogamente a los casos anteriores y se deja airear la masa unas doce horas. A continuación, se aplican dos capas a 45° de tinta grasa mediante paletina triple, una tercera mediante brocha abierta y deformada, y una cuarta también mediante brocha pero más fuerte que las anteriores. A continuación, se limpia el paramento de los posibles pelos que hayan quedado adheridos y se procede al planchado y posterior bruñido mediante hierro caliente. Finalmente se realiza un repasado con hierro fino casi frío.

La tinta grasa es un compuesto realizado mediante la ebullición de agua a la que se le añade jabón de coco y posteriormente cal. Se enfría añadiendo agua y se tamiza,

consiguiendo un líquido untuoso que prepara al paramento para el planchado. Este acabado tiene múltiples variedades, desde las posibles combinaciones de colores hasta el vaciado de cenefas, o la imitación mármol, que se realiza mediante un pintado final de vetas de mármol o jaspeado previo al bruñido.

La pintura al fresco también es considerada un estuco enlucido. En esta técnica se emplea el agua de cal como vehículo, los óxidos como pigmentos y la cal contenida en la capa final del estuco como aglutinante para que ésta al secar endurezca junto a los pigmentos aportados. Para su ejecución, se procede análogamente a los casos anteriores, salvo el lavado y cepillado, ya que nos interesa que el soporte de aplicación sea poroso.

2.2.2. Estucos labrados

Los estucos labrados son aquellos en cuya capa final se realiza un trabajo mediante sierra, carda o cincel para darle un aspecto rugoso. Puede realizarse además un escodado para imitar el aparejo de los sillares. Según la herramienta utilizada para el labrado del revestimiento, o bien según el efecto que se pretende crear, distinguimos los estucos labrados con sierra, con carda, o de imitación de piedra escodada o ladrillo cara vista.

Tabla 19. Clasificación de los estucos

Estuco enlucido	Enlucido
	Destonificado
	Planchado en caliente
	Pintura al fresco
Estuco labrado	Labrado con sierra
	Labrado con carda
	Imitación de piedra escodada
	Imitación ladrillo cara vista
Estuco esgrafiado	De tradición islámica
	Esgrafiados catalanes

2.2.3. Estucos esgrafiados

El esgrafiado es una técnica consistente en la superposición de varias capas de morteros pigmentados y, previamente al secado, se procede al raspado para levantar la capa superficial, siguiendo las líneas de un dibujo previo. De este modo queda al descubierto la capa interior de diferente tonalidad y/o textura.

El resultado adquiere un relieve, textura y color que se describe como “a medio camino entre el grabado y la pintura” (León, 1998).



Fig.105- Estuco planchado, Barcelona



Fig.106- Detalle de esgrafiado

En la Península Ibérica destacan los esgrafiados segovianos de procedencia islámica que se realizaron en la época medieval, de los cuales destaca la repetición de motivos que caracterizan la arquitectura islámica. Por otro lado, también destacan los esgrafiados catalanes, de procedencia italiana, que decoraban puntos estratégicos de las fachadas para lograr un efecto de mayor riqueza en éstas. No fue hasta el siglo XIX que se extendieron en Catalunya los esgrafiados modernistas, consistentes en una trama continua en toda la superficie de la fachada. Fue durante la época modernista cuando se mejoraron las técnicas el esgrafiado incorporando la trepa, una capa de protección entre las dos capas del estuco cuya función consiste en proteger la capa inferior del estuco facilitando así el vaciado de fondos.



OPUS REVOCO TIROLESAS RASQUETA
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD



Capítulo 7. Contenidos para la investigación y restauración mediante cal

1. La cal en la actualidad

Desde los inicios de la civilización se utilizó cal aérea como material aglomerante, con la que comenzaron a confeccionarse morteros hidráulicos. En el siglo XVIII se empezó a estudiar el uso de las cales hidráulicas y comenzó a disminuir el uso de la cal aérea en construcción y con la llegada del cemento portland sobre el año 1824 ésta quedó destronada en el ámbito constructivo.

Durante el siglo XX comenzó a utilizarse como reactivo químico, ya que al tener un pH básico puede ser utilizada como filtro, los cuales resultan esenciales en la industria, especialmente en la siderúrgica. Sobre el año 1850 las cales empiezan a utilizarse en restauración y la década de los 80 del siglo XX aparecen en criterios medioambientales, que hacen que la cal se utilice también como captadora de CO₂.

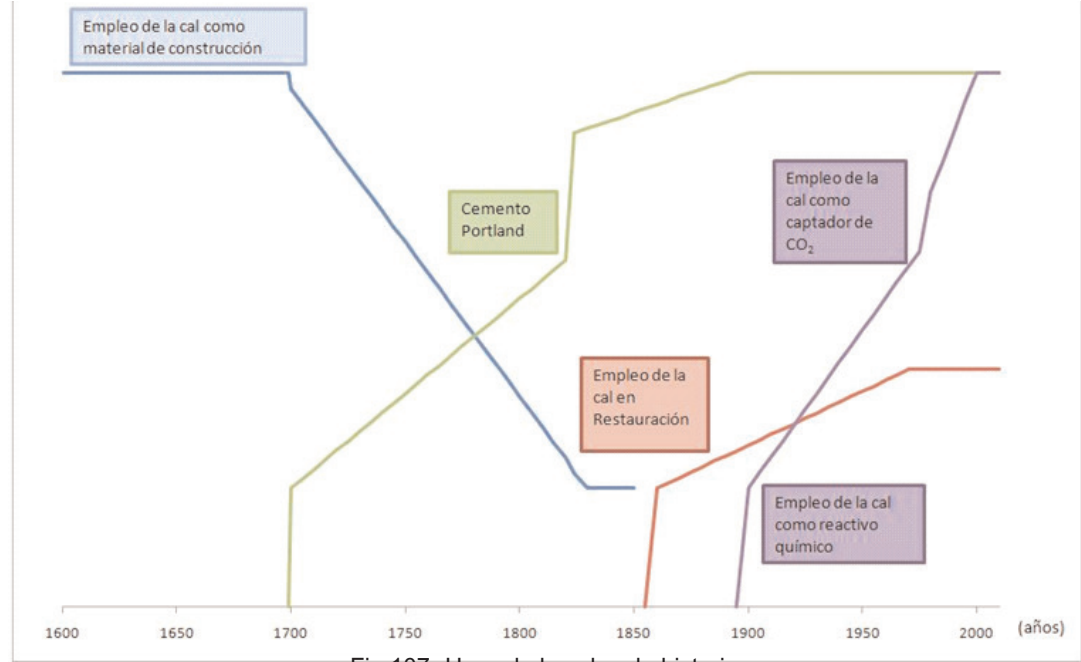


Fig.107- Usos de la cal en la historia

En España hoy en día la producción de cal es importante, ya que ésta va destinada a la industria para ser usada como reactivo químico, por lo que se producen cales de purzas muy superiores a las que utilizaban los romanos. Quienes utilizan hoy en día la cal como material de construcción lo hacen en el campo de la restauración, utilizando el óxido cálcico de alta calidad que se produce en el país y apagándolo mediante sistemas tradicionales para la confección de pastas y morteros compatibles con el sistema constructivo original.

2. Restauración

2.1. Criterios de sostenibilidad

Los criterios ambientales y de sostenibilidad se encuentran en el orden del día, debido a la conciencia social que se ha tomado respecto al cuidado de nuestro planeta, al consumo de recursos y a la gestión

responsable de residuos. En el ámbito de la construcción éste supone un gran reto, ya que el empleo de energía tanto en la fabricación de materiales de construcción como en su puesta en obra, así como su vertido cuando éste alcanza el fin de su vida útil es de considerable envergadura.

La bioconstrucción es una actitud y unos conocimientos aplicados para alcanzar este objetivo. La correcta gestión de recursos, la selección de materiales a emplear, la eficiencia energética de un sistema constructivo, y el mantenimiento preventivo frente al correctivo son algunas de las iniciativas que se llevan a cabo para conseguirlo.

En el ámbito de los materiales de construcción, se considera que éstos, para ser sostenibles, deben cumplir una serie de requisitos:

- Que tenga una durabilidad adecuada
- Que tenga un fácil mantenimiento
- La compatibilidad con un sistema constructivo eficiente
- Bajo consumo energético en su fabricación
- No contaminante
- Bajo consumo energético en su vida útil
- Material procedente del entorno donde va a utilizarse
- Que posea un porcentaje de material reciclado, o bien que sea reciclable o reutilizable.

La cal tiene una durabilidad alta, si se emplea adecuadamente, y su mantenimiento es fácil y poco costoso. Es compatible con muchos sistemas constructivos, además de ser un material que se encuentra en la naturaleza, en prácticamente cualquier entorno, y no es por tanto causa de un impacto ambiental. No es un material contaminante, es ignífugo, mejora la salubridad y las condiciones térmicas y acústicas, por lo que confiere al sistema constructivo una menor demanda energética.

En cuanto a su consumo energético, el mayor se produce durante su calcinación, en la que se producen emisiones de CO₂. Sin embargo, durante su proceso de carbonatación, la cal reabsorbe el CO₂.

En la siguiente tabla (Forumcalce, 2010) se comparan las emisiones de CO₂ así como la posterior absorción de éste de diferentes tipos de cales y cemento.

Tabla 20. Kg de CO2 por tonelada

Material	Fabricación (kg)	Reabsorción durante su vida útil (kg)	Porcentaje de reabsorción (%)
Cemento portland	819	--	0
Cal aérea CL	872	535	61
Cal hidráulica natural NHL 3,5	606	270	44
Cal hidráulica natural NHL 5	635	220	34

Tabla 21. Comparativa de cales y cementos

	Cal	Cemento
Compatibilidad con estructuras históricas	Sí	No
Ausencia de álcalis solubles	Sí	No
Reconstrucción autógena de las grietas	Sí	No
Elasticidad y trabajabilidad	Sí	No
Alta resistencia a la compresión	No	Sí
Retención Hidráulica	Sí	No
Porosidad y permeabilidad	Sí	No
Economía en la fabricación	Sí	No
La resistencia a los sulfatos	No	Sí
Presa rápida	No	Sí
Endurecimiento lento	Sí	No
Ecología de la producción, uso, disposición	Sí	No
Versatilidad de uso para el medio ambiente	No	Sí
El uso de mano de obra altamente calificada	Sí	No
Facilidad de aplicación de pigmentos	Sí	No



2.2. Cal vs. Cemento

Si analizamos la cal como material de construcción sostenible, resulta inevitable preguntarse en qué se diferencia del cemento que tan acostumbrados estamos a utilizar. En el siguiente apartado se realiza una comparativa entre ambos materiales, anotando las ventajas e inconvenientes de ambos.

Se trata de materiales muy diferentes y, si bien es cierto que sin el cemento Portland no se hubiesen podido construir muchas de las obras arquitectónicas actuales más representativas, la cal es mucho más compatible con los criterios de restauración de monumentos arquitectónicos.

La Tabla 21 (Forumcalce, 2010) muestra las ventajas e inconvenientes de la cal y el cemento como materiales de construcción.

La Tabla 22 (Forumcalce, 2010) muestra algunos de los elementos presentes en los cementos y su acción frente a los materiales de construcción tradicional.

Vemos, por tanto, que la cal resulta más compatible en la restauración de monumentos arquitectónicos debido al contenido de elementos nocivos para éstos en los cementos. Por otro lado, el cemento presenta una mayor resistencia y precisa de mano de obra menos cualificada para su puesta en obra, por lo que se reduce el coste económico de su uso.

En los procesos de fabricación, el cemento es más contaminante y no es reciclable, además de no absorber posteriormente dióxido de carbono a lo largo de su vida útil como hace la cal, por lo que resulta un material menos sostenible. Por otro lado, pese

al importante impacto ambiental de éste, tiene la capacidad de aprovechar la radiación solar mediante la inercia térmica debido a su elevado calor específico.

En cuanto a sus aplicaciones, los morteros de cal puros presentan algunas ventajas. (ANCADE, 2008)

2.2.1. Ventajas de los morteros de cal vs cemento:

Buena plasticidad y trabajabilidad, ya que la cal envuelve la superficie entre los áridos evitando el rozamiento y mejorando el deslizamiento.

- Ausencia de retracción debido a la estabilidad volumétrica frente a la humedad.
- Adaptación a las deformaciones y bajo riesgo de agrietamiento debido a su elasticidad
- Permeabilidad al vapor de agua debido a su porosidad para permitir la carbonatación del óxido cálcico, que confiere transpirabilidad y evita las condensaciones, además de proporcionar un buen aislamiento térmico y acústico.
- No provoca eflorescencias ya que no contiene sales solubles
- Permite realizar capas más finas que los morteros de cemento

- Garantizan el sellado y estucado
- Resistencia a la penetración de agua de lluvia
- Desinfectante y fungicida natural debido a la alcalinidad de la cal
- Ingnífugo, no produce gases tóxicos

Por otro lado también encontramos en la construcción la utilización de morteros mixtos de cal y cemento. (ANCADE, 2008)

2.2.2. Ventajas de los morteros mixtos vs cemento:

- Mayor adherencia, plasticidad, permeabilidad al vapor, disminución de eflorescencias, menor retracción y fisuración.
- Cuanto mayor sea el contenido de cemento en menor medida serán apreciables estas cualidades, mientras que incrementará las resistencias mecánicas del mortero.

En conclusión, la cal y el cemento son materiales que históricamente se han suplido el uno al otro, pero su composición y comportamiento tanto físico como químico les convierte en materiales muy diferentes, por lo que cada uno de ellos será más adecuado que el otro según los requerimientos de cada caso.



Fig.108- Lupa y microscopio

2.3. Restauración y reproducción de morteros

En términos de restauración, resulta imprescindible conocer las características de un mortero existente, es decir, caracterizarlo, para que éste pueda ser reproducido con el fin de realizar las reparaciones convenientes en el sistema constructivo en cuestión, preservando tanto la compatibilidad de materiales como su apariencia original.

Para ello nos basamos en ensayos ya descritos anteriormente, tanto en el apartado de características de la cal que se encuentra en el capítulo 1 como en el apartado sobre propiedades del mortero fresco y endurecido del capítulo 6 del presente proyecto, así como en ensayos no mencionados hasta el momento que serán descritos a continuación.

Tabla 22. Compatibilidad de materiales

Fase	Fórmula	Cantidad	Degradación potencial
Aluminato Tricálcico	C ₃ A	3-10% 10.03%	Reacciona con los sulfatos y el agua resultante atacando y causando el deterioro de la argamasa, ladrillos y piedras.
Tetracalcium Aluminofériti	C ₄ AF	8-10% 08.10%	Reacciona con el yeso causando expansión
Sulfatos	SO ₃	2-7% 07.02%	Contribuye al ataque de sulfatos
Álcali	Na ₂ O K ₂ O	1-3% 03.01%	Reacción asociada con la presencia de álcalis en el cemento y la sílice amorfa o cristalino deficiente en algunos agregados. El fenómeno también es conocido como la reacción álcali-sílice (álcali-sílice Reacción o ASR).
Yeso	CaSO ₄	2-9% 02.09%	Sin perjuicio de expansión, produce eflorescencias

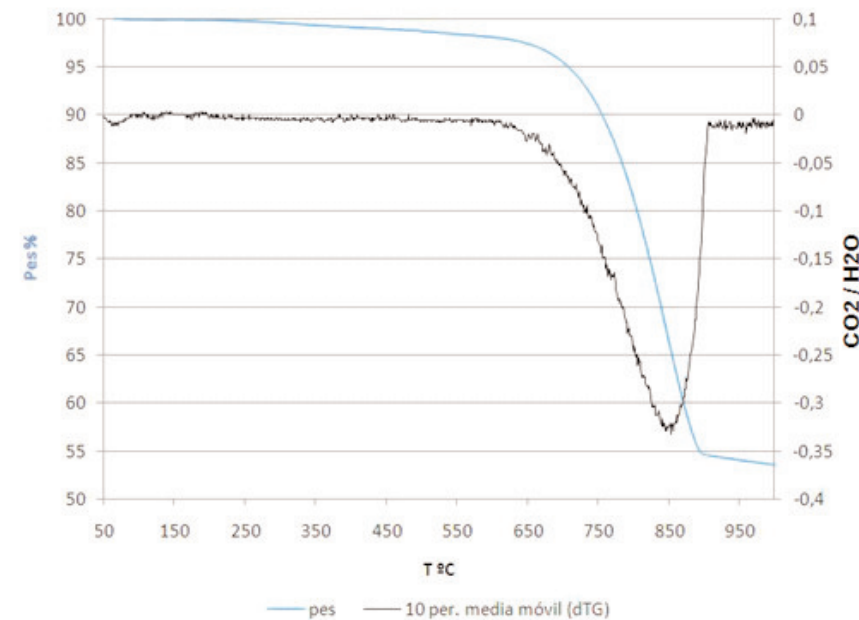


Fig.109- Variación de masa en función de la temperatura

Para la reproducción de un mortero existente en primer lugar se toma una muestra que se tritura para descohesionarla, sin quebrar sus componentes, y se le realiza una granulometría. las muestras retenidas en cada tamiz son observadas mediante lupa para determinar la forma de los áridos. Complementariamente, se realiza un microanálisis químico para determinar el origen del árido. Ésta se efectúa o bien rayando con un instrumento de acero el árido a estudiar, ya que si es calcáreo admitirá la rayadura y si es silíceo permanecerá intacto, o bien aplicando mediante pipeta una disolución al 10% de ácido clorhídrico que reaccionará con los carbonatos cálcicos en caso de ser existentes en la muestra en cuestión. De este modo conocemos el tipo de árido y la curva granulométrica que fue empleado para su confección.

A continuación se realiza un análisis termogravimétrico de la fracción fina obtenida en el ensayo granulométrico. Éste consiste en realizar una rampa de temperatura al mortero objeto de estudio en un tiempo determinado automatizando la toma de datos sobre la variación de masa que éste experimenta. Debido a que cada material se descompone a una temperatura diferente, estudiando los porcentajes de variación de masa según la temperatura obtenemos los componentes que conforman el mortero en cuestión. Esto nos da, además, información sobre el tipo de aglomerante utilizado, ya sea cal aérea o hidráulica, ya que éstas también se descomponen a diferentes temperaturas. Se realiza además una difracción de rayos X para determinar con más exactitud la composición del mortero.

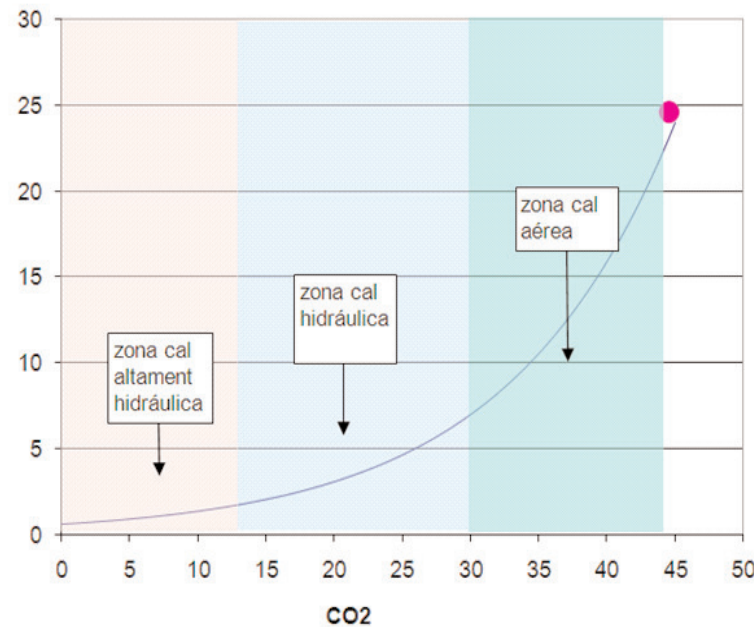


Fig.110- Zonas de reacción de diferentes tipos de cales al calcinarse

Finalmente, deben conocerse los valores de adherencia del mortero existente y de su reproducción, ya que éste debe tener una adherencia suficiente para realizar su función pero jamás debe ser más resistente que el muro que lo sostiene, tal y como se ha comentado repetidas veces en este trabajo.

En caso de tratarse de un mortero pigmentado, dichos pigmentos deben también ser caracterizados para garantizar una correcta reproducción del mortero. Por ello, se realiza una microscopía óptica y, en caso de tratarse de pigmentos orgánicos, se lleva también a cabo un IR, para determinar la composición de dicha materia orgánica.

En caso de tratarse de un mortero para revestimiento, a lo anterior deberán añadirse ensayos para determinar la permeabilidad al vapor de agua, y al agua líquida – éste último sólo en caso de tratarse de un mortero monocapa, al cual se le exige impermeabilidad. También es recomendable realizar un KUVe en caso que vaya a colorearse el revestimiento. Se trata de un sistema de ensayo en el cual se somete a la probeta a los rayos ultravioleta y variaciones de humedad para prever las alteraciones que puedan producirse en el revestimiento.

2.4. Criterios de intervención

La restauración empezó a esbozarse como disciplina hace unas centurias como consecuencia del afán protector hacia los monumentos histórico-artísticos (Moreno-Navarro, 1998).

A Eugène Viollet-le-Duc se le atribuyen citas como “devolver al edificio el estado que pudo haber tenido” o “un estado que nunca llegó a tener” las cuales, sacadas de contexto, indujeron a una práctica hoy en día descartada que consistía en dar al monumento a restaurar el aspecto que podría haber tenido, añadiendo elementos que no habían estado jamás. Esta corriente se extendió por Alemania, Rusia, Italia y España.

Ruskin presentaba una postura antagónica a la anterior, y se le conoce por la cita “dejar que los edificios mueran digna-

mente”. Esta pasividad tampoco es aceptada hoy en día, aunque de ella deriva el respeto hacia la obra del pasado, procurando conservar ésta sin alterar su forma original.

Este fue seguramente el inicio de los diferentes criterios de restauración, que con el paso de los años se han ido consolidando en las llamadas *cartas del Restauo*. Estas fueron realizadas con la intención de establecer de común acuerdo unas recomendaciones para las intervenciones en materia de conservación y restauración. La primera se realizó en Viena en el 1905, y posteriormente a ésta han seguido convenciones y nuevas cartas hasta día de hoy. Destacamos las siguientes:

- La Carta de Atenas (Atenas, 1931) describe la salvaguardia de la arquitectura, es decir la conservación sin intervención.
- La Carta de Roma (Roma, 1931) desarrolla el problema del reпрistino o copia sin elementos básicos que lo amparen, así como la copia como base de la restauración.
- La Carta de Venecia (Venecia, 1964) se para la restauración como método de la conservación.
- Carta de Roma (Roma, 1972) - Define la salvaguardia de los monumentos añadiendo a éstos la pintura y la escultura.

En sus capítulos describe la metodología necesaria para el reconocimiento e intervención restaurativa, la cual fue elaborada por Cesare Brandi (Brandi, 1988). De su obra, destacan axiomas que han sido seguidos por sus sucesores, tales como “la reintegración deberá ser invisible desde la distancia a la que la obra de arte debe contemplarse”, o bien “... establece que cualquier intervención de restauración no haga imposibles eventuales intervenciones futuras, antes al contrario las facilite”.

- Carta della conservazione e del restauro degli oggetti d'arte e di cultura (Roma, 1987). Se desarrolla la metodología de intervención, siempre basándose en la Carta de 1972. Define y diferencia conservación, prevención, restauración y mantenimiento. Esta última carta fue cuestionada por algunos teóricos de la restauración como M. Cordaro, que defendía en su postura a Cesare Brandi como verdadero ideólogo de la Carta del Restauro.



Fig.111- Restauración del puente de la Margineda, Andorra

- Carta de Cracovia (Cracovia, 2000). Esta es la carta más reciente realizada, donde se hace incapié en la importancia de la compatibilidad de materiales así como la interacción de la obra con el hombre, la naturaleza y el medio físico. Además, especifica criterios de gestión y planificación donde expone que “Debe ponerse particular atención a la optimización de los costes del proceso”. Finalmente, cabe destacar su interés en la educación social, ya que “La formación y la educación en cuestiones de patrimonio cultural exigen la participación social y la integración dentro de sistemas de educación nacionales en todos los niveles”.

En general, las cartas definen la creación de un equipo multidisciplinar y la redacción de informes previos de las obras, tanto histórico como de la estructura de todos sus componentes. A continuación, la elección de un método eficaz con materiales reversibles, que no alteren ninguno de los componentes constituyentes de la obra de arte y que los resultados sean eficaces a corto y largo plazo, para poder así alargar la vida de la obra de arte. Seguidamente, la realización de pruebas preventivas, seguido de un informe sobre las pautas seguidas y, finalmente se destaca la importancia del trabajo en equipo donde:

- El restaurador efectuará el proceso material de la obra.

- El científico indica los materiales correctos que se han de utilizar.
- El historiador de arte, ya sea arquitecto, historiador o arqueólogo, es aquel que delimita el “acto manual” del restaurador y científico para no crear un falso histórico.

La carta de Cracovia en cambio, deja en segundo plano dichos criterios, los cuales han sido hasta la actualidad ampliamente discutidos, y hace hincapié en las cuestiones ambientales, sociales y de educación que engloban la conservación del patrimonio arquitectónico, tal y como se ha comentado anteriormente.

El debate que existe hoy en día difiere entre la importancia de una metodología de restauración universal y la individualización de la restauración arquitectónica, arqueológica, archivística, etc. Antoni González Moreno-Navarro (Moreno-Navarro, 1998) pone de manifiesto la obsolescencia de las teorías sobre intervención expuestas hasta la actualidad y la imposibilidad que las cartas y/o normativas den una respuesta general a cada caso particular, añadiendo además el riesgo de que éstas sean usadas para manipular ideológicamente o comercialmente el patrimonio olvidando los destinatarios de la protección de éste que son los ciudadanos. Por ello, plantea en lugar de criterios de intervención una serie de herra-

mientas de reflexión que permitan a cada equipo de trabajo tomar decisiones con criterio, basado en cuatro fases fundamentales: el estudio de la obra en diferentes vertientes, la reflexión, la intervención y la conservación preventiva.

3. Investigación

3.1. Reología

Cuando un fluido intenta deformarse exhibe un comportamiento mecánico diferente según el material del cual se trate. Algunos fluyen con más facilidad que otros, o bien su resistencia a fluir varía en función de la fuerza empleada o del tiempo de aplicación de dicho esfuerzo. La ciencia encargada del estudio de dichos comportamientos es la reología.

Heráclito ya enunció en el siglo V a.C la premisa *panta rei* (todo fluye) y en relación a los materiales de construcción existen interesantes teorías en torno a determinar si el vidrio es un líquido o bien un sólido debido a la diferencia de grosor entre los extremos de las vitrinas de antiguas catedrales, que demuestran que éste fluye (Gibbs, 1996).

Los estudios reológicos definen los sólidos ideales como aquellos que se deforman elásticamente, es decir que la energía requerida para la deformación se recupera totalmente al dejar de aplicarse tensión. Los fluidos ideales, considerándose fluidos



Fig.112- Detalle de mortero de reparación de cal y cemento

los líquidos y los gases, son aquellos que deforman irreversiblemente por lo que la energía requerida para la deformación no se pierde totalmente al dejar de aplicarse tensión. Se establece, en cambio, que las sustancias reales no son ni como los sólidos ni como los fluidos ideales. (Schramm, 1994)

La Reología se define como la ciencia que se dedica al estudio de las deformaciones de un cuerpo sometido a esfuerzos producidos por fuerzas externas. Este concepto fue investigado por Robert Hooke e Isaac Newton, quienes establecieron conceptos y leyes relacionadas con la plasticidad y las deformaciones de los cuerpos.

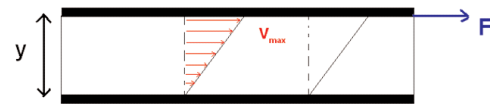


Fig.113- Deformación teórica de un fluido sometido a esfuerzo cortante

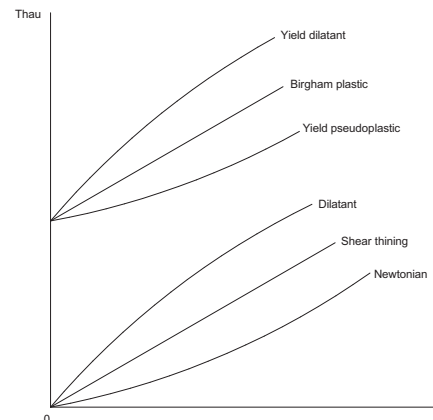


Fig.114- Tipos de fluidos según comportamiento reológico

3.1.1. Medición de la viscosidad

La viscosidad fue definida por Isaac Newton como la medida de la resistencia de un fluido a deformarse, producida por las fuerzas de fricción internas entre las capas adyacentes del fluido en movimiento.

Dado un fluido de volumen conocido confinado entre dos placas paralelas, cuando aplicamos una fuerza tangencial (F) en una de las placas mientras la otra permanece fija, el fluido fluye de forma laminar en todo su grosor o altura (Y) (Fig.113)

Este gradiente de velocidades cuyo máximo se encuentra en la placa donde se aplica la fuerza y su mínimo tiende a cero en la placa contraria se denomina velocidad de corte (γ) y se mide en s^{-1} . La viscosidad dinámica o absoluta (η) es la relación entre la fuerza aplicada y la velocidad de corte. Conociendo la densidad del fluido podemos determinar el coeficiente de viscosidad cinemática (μ) que es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido (ρ).

$$\eta = \frac{F \text{ (mPa)}}{\gamma \text{ (s}^{-1}\text{)}} \text{ (mPa} \cdot \text{s)}$$

$$\mu = \frac{\eta \text{ (mPa} \cdot \text{s)}}{\rho \text{ (kg/dm}^3\text{)}}$$

El reómetro es un aparato capaz de medir el gradiente de velocidades como una diferencial respecto al grosor del fluido (Y). El viscosímetro, en cambio, asemeja este gradiente a una recta y ello conlleva un margen de error. Por ello, se emplea el reómetro para caracterizar el valor real de una sustancia y el viscosímetro para comparar sustancias entre sí.

3.1.2. Comportamiento de los fluidos

La viscosidad de un fluido depende, sobre todo, de la temperatura y la presión al cual éste se encuentra sometido. Además, los estudios reológicos establecen diferentes patrones de comportamiento según la fuerza de reacción a un gradiente de velocidades de corte, tal y como muestra la Tabla 23. La Figura 114 resume los diferentes tipos de fluidos según esta tabla.

3.1.3. Comportamiento reológico de las pastas de cal

El profesor de la UPC Joan Ramon Rosell, el profesor de la universidad de Bolonia Andrea Rattazzi, entre otros, han estado estudiando el comportamiento reológico de las pastas de cal para determinar en primer lugar, si éste define la trabajabilidad y por tanto la calidad de una pasta de cal y por el otro, para estudiar si realmente una pasta de cal mejora su trabajabilidad con el tiempo.

El siguiente gráfico (Fig.115) muestra la viscosidad de una pasta de cal en función del tiempo, y tal como se observa ésta tiene tendencia a estabilizarse.

El siguiente gráfico muestra la relación entre la fuerza aplicada a una muestra de pasta de cal y la velocidad de corte, por lo que observamos que el comportamiento reológico de las pastas de cal tiene tendencia a seguir un modelo Dilatant (Fig.116).

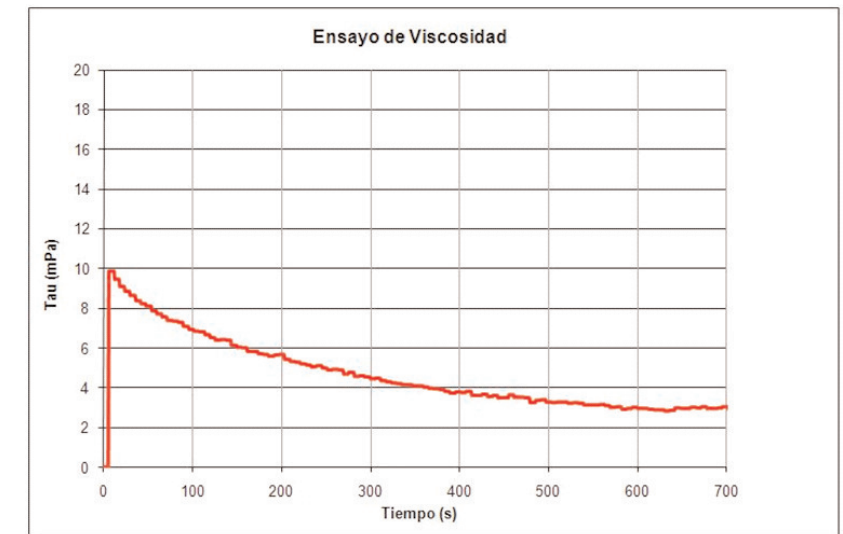


Fig.115- Torque de reacción al someter una muestra de cal a una velocidad constante en función del tiempo

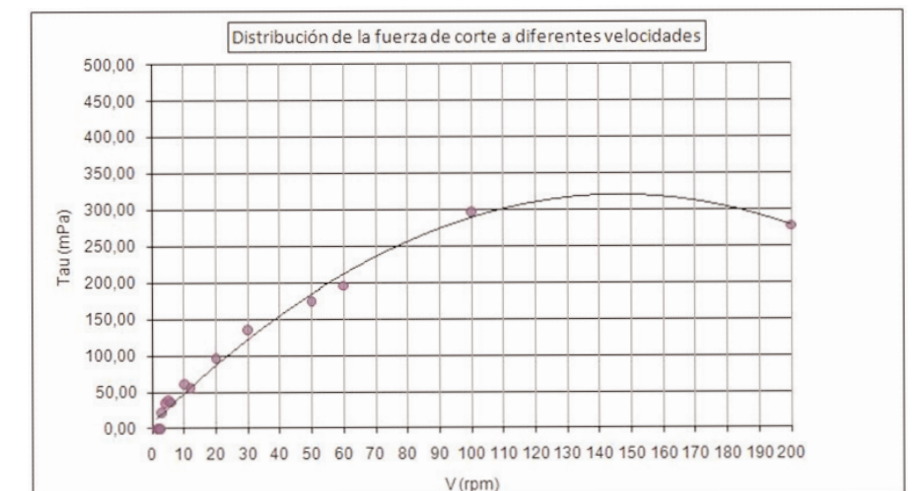


Fig.116- Distribución de la reacción al torque de una pasta de cal a diferentes velocidades

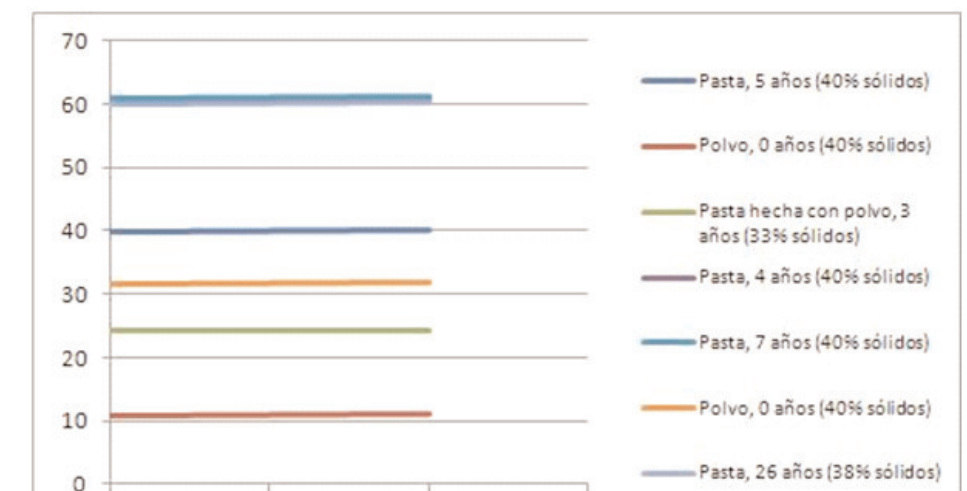


Fig.117- Reacción al torque inicial en pastas de cal y cales en polvo de diferentes edades

Tabla 23. Clasificación de los fluidos según comportamiento reológico

	¿Necesitan una fuerza mínima para reaccionar?	
	No	Sí
Comportamiento lineal: a mayor velocidad mayor fuerza.	Newtoniano	Bingham plastic
Comportamiento creciente	Shear thinning	Yeald pseudoplastic
Comportamiento decreciente	Dilatant	Yeald dilatant

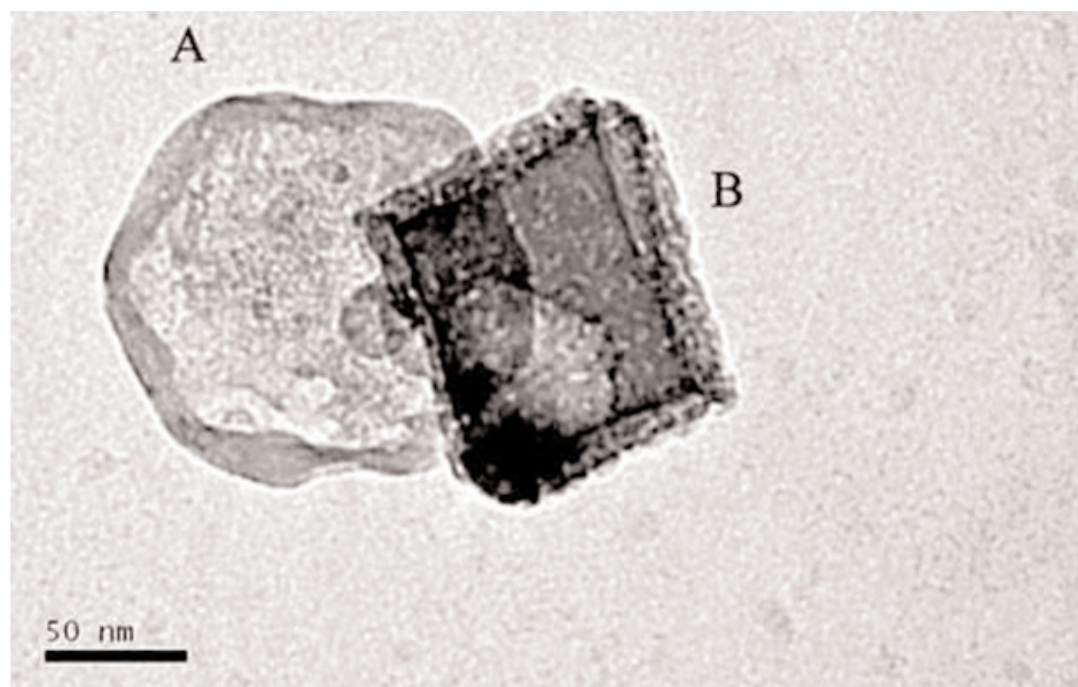


Fig.118- SEM de dos partículas de dimensiones nanométricas: hidróxido cálcico de forma hexagonal y carbonato cálcico de forma prismática.

Si comparamos los valores de estabilización de diferentes muestras de pastas de cal observamos que cuanto más antiguas son éstas mayor viscosidad presentan. Este estudio se encuentra actualmente en fase experimental, por lo que todavía no puede establecerse dicha afirmación como una premisa demostrada.

3.2. Nanocalce

En el transcurso de la última década, la nanotecnología se ha convertido en uno de los más importantes campos de vanguardia tanto en la física, como la química, la biología y la ingeniería. En el campo de la ingeniería de materiales supone un importante cambio tecnológico en referencia a sus aplicaciones. La ciencia de los nanomateriales es por tanto uno de los muchos campos que abarca la nanotecnología.

El término “nano” procede del griego y en el sistema de medida internacional equivale a la mil millonesima parte de un metro. Existen varias definiciones de la nanotecnología, pero todas ellas coinciden en que abarca cualquier técnica que manipule la materia a escala nanométrica o que haga uso de las propiedades particulares que la materia presenta a esta escala. Esta tecnología se basa en que, cuando una partícula es reducida a escala nanométrica, adquiere unas propiedades diferentes a las que tiene en su tamaño original.

La mayoría de los nanomateriales se obtienen mediante la molienda de partículas micrométricas. La nanocal, en cambio, se obtiene mediante la precipitación química de las soluciones sobresaturadas.

La nanocal constituye, por tanto, un importante campo de estudio que se centra en la síntesis, caracterización y aplicación de nanopartículas de cal, que solucionan muchos de los problemas actuales que nos encontramos con los morteros de cal, como la incompleta carbonatación, el exceso de agua y la decoloración de las superficies con el paso del tiempo.

3.3. Estabilización de arcillas

La cal era usada por los romanos, además de como aglomerante, para estabilizar los suelos en los que éstos iban a edificar o construir pavimentos.

En términos científicos, la cal mejora el comportamiento de una arcilla plástica porque incrementa el valor del límite líquido de la arcilla en cuestión: en consecuencia se incrementa el límite plástico y por tanto disminuye el índice plástico de la arcilla tratada.

Su utilidad se muestra cuando nos encontramos con arcillas expansivas y de baja capacidad de soporte, que presentan una tendencia ácida, es decir de $pH < 7$. La cal disminuye esta acidez atenuando la expansión de la arcilla y por tanto su fuerza de empuje al expandirse disminuye. En consecuencia, la capacidad de soporte de la arcilla aumenta.

La tierra ha sido empleada como material de construcción desde los inicios de la civilización, tanto en la confección de muros



Fig.119- Bloques de adobe, Palestina con bloques de adobe como con tapiales. Estos sistemas constructivos también requieren hoy en día ser restaurados. Su principal problema suele encontrarse en la estabilización de muros, que suelen ser bastante débiles en contraposición a las excelentes cualidades de éstos en cuanto a aislamiento térmico y acústico. Por ello, suelen aplicarse revocos de cal a los tapiales y muros de adobe, empleando diferentes técnicas basadas en las propiedades de la cal para estabilizar arcillas.

Gárate (Gárate, 1993) comenta el uso del adobe o tapial andalusí, confeccionado con arcilla, arenas gruesas, casquijo y mortero de cal, por lo que debe considerarse como un hormigón pobre. Éste admite revestimientos con mortero de cal, previo humectado en la parte superior que desciende por capilaridad dotando al muro de una humedad uniforme. Para realizar el revoco a la talocha se dan dos o tres manos de arcilla, cal grasa apagada, pajote o crin y arena en proporciones 1:1:1/2: 1 ó 2. Gárate cree que se empleaba para la construcción de estos tapiales cales hidráulicas que, por su contenido arcilloso, resultaban más com-



Fig.120- Muro de tapia patibles con el adobe, aunque comenta que es una cuestión que debería ser investigada.

Para realizar los bloques de adobe andalusí se empleaba también arcilla, cal grasa y pajote, en proporciones 6:1:1.

La estabilización de arcillas es por tanto, un campo de investigación en auge tanto en la estabilización de suelos en un aspecto geotécnico como en la restauración de las construcciones de adobe y tapia que se encuentran muy presentes en las construcciones tradicionales de algunas zonas de la península tales como Castilla.

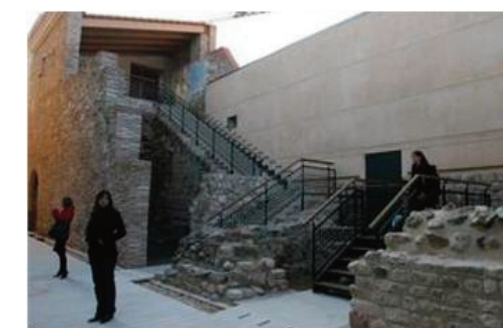


Fig.121- Restauración de tapial mediante hormigón de cal hidráulica como encofrado, obra de Moreno-Navarro



OPUS REVOCO TIROLESA RABQUENSTA ESTUO
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD 1000



Conclusiones y Agradecimientos

Conclusiones y Recomendaciones

Del trabajo realizado en la confección del presente proyecto se extraen conclusiones tanto de la asunción de objetivos especificados como en relación a los contenidos desarrollados para la difusión de la cal como material de construcción tradicional.

En referencia a los objetivos establecidos, se hace demostrable la posibilidad de realización de un espacio virtual para la divulgación de contenidos relacionados con la edificación, en este caso de la cal como material y sus aplicaciones tradicionales y actuales, sin la necesidad de conocimientos informáticos avanzados. Se recomienda que este proyecto no permanezca inalterable en el tiempo, sino que la creación de dicha página permita su divulgación, corrección y ampliación coetáneamente a los avances que se vayan efectuando en el campo objeto de estudio. En segundo lugar, este trabajo muestra la importancia de la rigurosidad en la metodología de documentación para la creación y gestión de contenidos, sobre todo en cuanto a la referenciación bibliográfica y a la protección de la propiedad intelectual se refiere. Por otro lado, puede concretarse que es posible preservar los derechos intelectuales de los autores consiguiendo al mismo tiempo la difusión del conocimiento, ya que el acceso a la cultura es un derecho y no un privilegio.

En referencia a los contenidos desarrollados sobre la cal como material, se ha observado una clara tendencia a la repetición de contenidos de una obra a la siguiente desde un punto de vista temporal. Los autores van adoptando como propios los conceptos expuestos por sus predecesores obviando la referenciación bibliográfica y creándose así una repetición de contenidos por un lado, e inexactitudes debido a interpretaciones erróneas con el paso de los años por otro. Este fenómeno se encuentra sobre todo en los bosquejos históricos referentes al origen de la cal y su evolución en el transcurso de la historia, donde numerosos autores van tomando párrafos y estudios de Ignacio Gárate obteniendo una información idéntica y repetitiva al contrastar las diferentes obras. Lo mismo ocurre con los componentes y dosificaciones de los morteros que se exponen en los tratados de construcción tradicional, los cuales repiten las traducciones e interpretaciones que se han realizado sobre Vitrubio, u otros autores, arrastrando errores de sus predecesores por no contrastar la obra original.

Cabe destacar del proceso de fabricación de la cal los procesos químicos que de ésta derivan, ya que resulta costoso interpretar adecuadamente dicho ciclo cuando en la mayoría de obras se obvian los componentes que, junto al carbonato cálcico, constituyen la materia prima de la piedra caliza, tales como el carbonato de magnesio o dolomita y los componentes ferrosos. Estos suelen mencionarse al inicio de la explicación del denominado ciclo de la cal, para ser posteriormente obviados en la explicación del proceso químico que se lleva a cabo. En cuanto a la calcinación de las cales hidráulicas, todavía resulta más costosa su interpretación ya que se simplifican los componentes que aportan hidráulicidad a una cal como si todos ellos reaccionasen en unas mismas condiciones y formasen estructuras

idénticas en combinación con el óxido cálcico.

En cuanto a las características y ensayos que se derivan de la cal y del mortero fresco y endurecido, estos son muy numerosos y el presente trabajo ha pretendido sintetizar el conocimiento sobre ensayos hacia aplicaciones lo más pragmáticas posibles. Se recomienda por tanto que el lector interesado amplíe la información recabada en el presente trabajo con el Proyecto Final de Grado de la ingeniera de edificación Ruth Costa Alonso, quien realizó un exhaustivo estudio de los ensayos existentes para la caracterización y evaluación de materiales.

El capítulo dedicado a la realización de revestimientos mediante el uso de lechadas y morteros de cal deja en evidencia un cruce terminológico en las palabras empleadas en dicho campo que depende de la obra consultada y la zona geográfica donde nos encontremos. Se recomienda la realización de un estudio más profundo sobre dichas variaciones de léxico para concretar el significado de cada una de ellas facilitando así la transmisión de conocimiento entre los profesionales e investigadores relacionados con el sector.

En el capítulo final se ha realizado un bosquejo de la actualidad de la cal, donde se han puesto de manifiesto los criterios ambientales en la construcción, así como la importancia de compatibilizar los materiales en el ámbito de la restauración. Los criterios de restauración actuales siguen siendo divergentes y existen diferentes corrientes que interpretan la restauración de distintos modos. En cuanto a la investigación, la reología pretende ser un estudio puntero en la caracterización de pastas de cal, que actualmente carece de normalización, la nanotecnología puede realizar grandes avances en la restauración sobre todo de pinturas, y la estabilización de arcillas mediante cal debe ser estudiada para consolidar las antiguas edificaciones de tapia y adobe que se encuentran en nuestro país.

Este trabajo, por tanto, no sólo ha recopilado y redactado contenidos sobre los conocimientos actuales en referencia a la cal como material de construcción tradicional, sino que además plantea cuestiones abiertas que deberían ser estudiadas y tratadas en posteriores trabajos. La creación de un espacio digital, que puede visitarse en <http://fical.akhyros.com>, donde publicar dicho contenido debe facilitar esta labor, suponiendo este trabajo un punto de partida para futuras investigaciones tanto científicas como bibliográficas.



Agradecimientos

Este trabajo no hubiese sido posible sin la existencia del Laboratori de Materials de la EPSEB, por lo que considero que mi primer agradecimiento debe dirigirse a ellos. Marc, Antonia, Judith, Montse, Joan Ramon, entre otros eventuales como Joan, Francisco, Laia, Imma, Anna... me mostraron el afán por el trabajo bien hecho, el rigor científico y el interés por aquello que se realiza. Y sin olvidar a los becarios, Thays, Joan, Mariona, Roger, Anna, Marta, Laura, Estel y Rubén con quienes hemos compartido grandes momentos.

En particular quiero agradecer a Antonia su visión más geológica del proceso de calcinación de la cal, así como su pragmatismo en la definición de las pautas de reproducción de morteros. A Judith por permitirme un pequeño regreso a las aulas, donde descubrí lo mucho que sabía y lo muchísimo que me quedaba por aprender. A Montse por su paciencia, su visión humanista - que suele echarse de menos en una carrera técnica-, y sobre todo por su apoyo en todo el proceso. A Joan Ramon también por su apoyo en el proceso, sus innumerables fuentes de conocimiento, por permitirme entrar en este mundo y aprender y, sobre todo, por enseñarme a pensar.

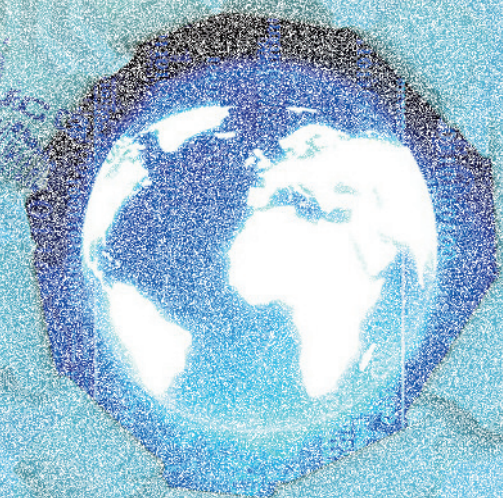
A los profesores buenos, y sobre todo a los malos, que me enseñaron por activa o por pasiva a no rendirme, a creer en mí misma y en aquello que hacía.

En cuanto a la realización del espacio virtual agradezco la colaboración y entusiasmo del presidente de la Asociación Fórum Ibérico de la Cal el profesor Joan Mestre Ramis, así como el soporte del diseñador Daniel Olmo en los pasos previos a la confección de la página web. En el proceso de búsqueda bibliográfica a Trini por su asesoramiento y por las lecciones éticas aprendidas en cuanto a la referenciación bibliográfica y la protección de la propiedad intelectual.

Un sabio me dijo una vez que el perdón y las gracias están de más entre hermanos, así que más que agradecerlo, dedico este trabajo a mi familia, a Chicho, los Templarios y las Kittys, a los CCAs, a los de Castell, a los de Marina, a los de Sant Andreu y a mis compañeros de la Dele por ser como son y formar parte de lo que soy.



OPUS REVOCO TIROLESAS RABQUENSA ESTUO
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD 100



Bibliografía

Bibliografía

1. Páginas web visitadas

ANCADE *Ref.(ANCADE, 2010)*

www.ancade.es

Apache *(No Ref.)*

www.apache.org

Artisteer *(No Ref.)*

www.artisteer.com

Banca della Calce *(No Ref.)*

www.bancadellacalce.it/

BOE (LSSI) *(No Ref.)*

www.boe.es/boe/dias/2002/07/12/pdfs/A25388-25403.pdf

BOE (LOPD) *(No Ref.)*

www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf

BOE (Propiedad Intelectual) *(No Ref.)*

www.boe.es/boe/dias/2006/07/08/pdfs/A25561-25572.pdf

Building Lime Forum *(No Ref.)*

www.buildinglime.org.uk

Carta de restauración de Atenas, 1931 *Ref.(Atenas, 1931)*

http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_atenas.pdf

Carta de restauración de Roma,1931 *Ref.(Roma,1931)*

http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_roma.pdf

Carta de restauración de Venecia,1964 *Ref.(Venecia,1964)*

http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_venecia.pdf

Carta de restauración de Roma, 1972 *Ref.(Roma, 1972)*

http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_roma_1972.pdf

Carta de restauración de Roma, 1987 *Ref.(Roma, 1987)*

http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_roma_1987.pdf

Carta de restauración de Cracovia, 2000 *Ref.(Cracovia, 2000)*

http://www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/Biblioteca/carta_de_cracovia.pdf

Cataleg UPC *Ref.(UPC, 2010)*

<http://cataleg.upc.edu/>

European Lime Association *(No Ref.)*

www.eula.be

FileZilla *(No Ref.)*

www.filezilla-project.org

Forum Italiano della calce *Ref.(Forumcalce, 2010)*

www.forumcalce.it

Joomla! *(No Ref.)*

www.joomla.com.es

National Lime Association *(No Ref.)*

www.lime.org

Morteros de cal *(No Ref.)*

www.morterosdecal.com

MySQL *(No Ref.)*

www.mysql.com



Portal de encuestas *Ref.(Portaldeencuestas, 2010)*

www.portaldeencuestas.com

Refworks *Ref.(Refworks, 2010)*

www.refworks.com

Vertigofreeware *Ref.(Vertigofreeware, 2010)*

www.vertigofreeware.com

Wikipedia *(No Ref.)*

<http://es.wikipedia.org/wiki/Captcha>

Código técnico de la Edificación. Doc. Básico de Salubridad HS-1 *(No Ref.)*

www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhs/

Código técnico de la Edificación. Doc. Básico de Salubridad HS-3 *(No Ref.)*

www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhs/

Código técnico de la Edificación. Doc. Básico de Protección frente al ruido HR *(No Ref.)*

www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhr/

2. Obras consultadas

Ref. (Adam, 1996) Adam, J.P. “La construcción romana, materiales y técnicas” Leon: Editorial de los Oficios, 1996.

Ref. (Addelson, 1995) Addelson, L. “Materiales para la construcción” [S. I.]: Reverte, 1995.

Ref. (Alberti, 1582) Alberti, L.B. “Los Diez Libros de Architectura de Leon Baptista Alberti” Madrid: Casa de Alfonso Gómez, 1582.

Ref. (Alejandre, 2002) Alejandro Sánchez, F.J. “Los morteros en la edad media” Sevilla: EUAT, 2002.

Ref. (ANCADE, 1998) “Guía práctica de la cal y el estuco” Madrid: ANCADE, 1998.

Ref. (ANCADE, 2008) “Guía práctica de los morteros con cal” Madrid: ANCADE, 2008.

Ref. (Arredondo, 1991) Arredondo y Verdú, F. “Yesos y cales” Madrid: E.T.S. Ingenieros de Caminos, 1991.

Ref. (Avignon, 2003) “Techniques et pratique de la chaux” Avignon : Ecole d'Avignon Collection Blanche BTP, 2003.

Ref. (Bails, 1796) Bails, B. “Elementos de Matemáticas. Tom. IX. Parte I. Que trata de la Arquitectura Civil. 2ª ed. corr.” Madrid: Imprenta de la viuda de D. Joaquin Ibarra, 1796.

Ref. (Barahona, 2000) Barahona Rodríguez, C. “Técnicas para revestir fachadas” Madrid: Munilla Leria, 2000.

Ref. (Brandi, 1988) Brandi, C.”Teoría de la restauración” Madrid: Alianza Editorial, 1988.

Ref. (Brizguz, 1738) Brizguz y Bru, A. G. “Escuela de Arquitectura Civil, en que se contienen los órdenes de Arquitectura, la distribución de los planos de templo y casas, y el conocimiento de lo materiales” Valencia: Oficina de Joseph de Orga, 1738.

Ref. (Camuñas, 1974) Camuñas y Paredes, A. “Materiales de construcción” Madrid: Latina universitaria, 1974. Pág. 261-277.

Ref. (Coloma, 2008) Coloma Álvarez, G. “La cal ¡es un reactivo químico”. Chile: Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, 2008.

Ref. (Costa, 2010) Costa Alonso, R.M. “Herramientas de soporte a la diagnosis” Barcelona: Treballs acadèmics UPC, 2010.

Ref. (de Sagredo, 1549) Sagredo, D. "Medidas del Romano" Toledo: Casa de Iván de Ayala, 1459.

Ref. (Espinosa, 1859) Espinosa, P.C. "Manual de Construcciones de Albañilería" Madrid: Imprenta a cargo de Severiano Baz, 1859.

Ref. (Fernández et.al., 2008) "Fernández et.al. "Albañil (Vol. 2): anual práctico de enfoscados, guarnecidos, enlucidos y construcción de cimientos, saneamientos, obra de fábrica y cubiertas" Vigo: S.L. Ideas Propias Publicidad, 2008.

Ref. (Garate, 1994) Gárate Rojas, I. "Artes de la cal" Madrid: Munilla Leria, 1994.

Ref. (García, 1979) García Bellido, A. "Arte romano" De: Enciclopedia clásica C.S.I.C. Madrid, 1979

Ref. (Gibbs, 1996) Gibbs, P. "Is glass liquid or solid?" De: "The Physics and Relativity FAQ" [S. I.]: [S. n.], 1996.

Ref. (Gomà, 1979) Gomà, F. "El cemento Portland y otros aglomerantes" Madrid: Reverte, 1979.

Ref. (Le Duc, 1856) Viollet-le-Duc, E. "Diccionario razonado de la arquitectura francesa de los siglos XI al XVI" París: 1856.

Ref. (León, 1998) "Guía práctica de la cal y el estuco" León: Escuela Artes y Oficios de León, 1998.

Ref. (Marta, 1985) Marta, R. "Architettura romana: tecniche costruttive e forme architettoniche del mondo romano" Roma: Kappa, 1985.

Ref. (Menicali, 1992) Menicali, U. "I materiali dell'edilizia storica" [S. I.]: Carocci, 1992. Pág. 126-176.

Ref. (Monesma, 2004) Monesma, E. "El horno de cal" De: Cales y yesos [Enregistramiento vídeo] / dirigido por Eugenio Monesma. Madrid: 2004.

Ref. (Moreno-Navarro, 1993) González Moreno-Navarro, J.L. "El legado oculto de Vitrubio" Madrid: Alianza Editorial, 1993.

Ref. (Moreno-Navarro, 1998) González Moreno-Navarro, J.L. "La restauració objectiva, SCCM" Barcelona: Diputació de Barcelona, 1998.

Ref. (Ortiz et al., 2009) Ortiz et al. "Ensayos etnográficos" Madrid: Editorial de Ciencias Sociales, 1984.

Ref. (Ortiz y Sanz, 1787) Ortiz y Sanz, J.F. "Los Diez Libros De Arquitectura Vitruvio Polion" [S. I.]: [S. n.], 1787.

Ref. (Orús, 1948) Orús Asso, F. "Materiales de construcción" Madrid : Dossat, 1965.

Ref. (Palladio, 1797) Palladio, A. "Los Cuatro Libros de Arquitectura. Traducidos e ilustrados con notas por Don Joseph Francisco Ortiz y Sanz" Madrid: Imprenta Real, 1797.

Ref. (Perrault, 1761) Perrault, C. "Compendio de los diez libros de arquitectura de Vitruvio" Madrid: Imprenta de D. Gabriel Ramírez, 1761.

Ref. (Rattazzi, 2007) Rattazzi, A. "Conosci il grassello di calce?" Bologna: Edicom Edizioni, 2007.

Ref. (Rieger, 1763) Rieger, Ch. "Elementos de Toda la Architectura Civil" Madrid: Impreso por Joachin Ibarra, 1763.

Ref. (San Nicolás, 1639) San Nicolas, F. L. "Arte y Uso de Architectura" [S. I.]:[S. n.], 1639.

Ref. (Sastre, 2000) Sastre, R. "Propietats dels materials i elements de construcció" Barcelona: Edicions UPC, 2000.

Ref. (Schramm, 1994) Schramm, G. "A practical aproach to rheology and rheometry" Karlsruhe: HAAKE GmbH, 1994. Chapter 2.

Ref. (Vázquez et al. 1993) Vázquez et al. "Apuntes 2. Materiales de construcción" Sevilla: EUAT, 1993. Pág.391-402.

Ref. (Villanueva, 1766) Villanueva, J. "Colección de Diferentes Papeles Críticos de Arquitectura" Valencia: Impreso por Benito Monfort, 1766.

Ref. (Wingate, 1985) Wingate, M. "Small-scale Lime-burning a practical introduction" De: Eurotech Chimney Restoration, 1985.



3. Normativa

3.1. Componentes de los morteros

3.1.1. Cal

UNE-EN 459-1/AC:2002 Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 459-1:2002 Cales para la construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 459-2:2002 Cales para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo.

UNE-EN 459-3:2002 Cales para la construcción. Parte 3: Evaluación de la conformidad.

3.1.2. Aditivos

UNE 83258:2005 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Aditivos para morteros para albañilería. Determinación de la consistencia por medio de la mesa de sacudidas.

UNE 83259:2005 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Aditivos para morteros para albañilería. Determinación del contenido en aire ocluido.

UNE 83227:2005 Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Determinación del pH.

3.1.3. Áridos

UNE-EN 13139/AC:2004 Áridos para morteros

UNE-EN 13139:2003 Áridos para morteros.

UNE 7088:1955 Determinación de la compacidad en los áridos para morteros y hormigones.

3.1.4. Agua

UNE 7132:1958 Determinación cualitativa de hidratos de carbono en aguas de amasado para morteros y hormigones.

UNE 7235:1971 Determinación de los aceites y grasas contenidos en el agua de amasado de morteros y hormigones.

UNE 7178:1960 Determinación de los cloruros contenidos en el agua utilizada para la fabricación de morteros y hormigones.

3.1.5. Adiciones puzolánicas

UNE-EN 15167-1:2008 Escorias granuladas molidas de horno alto para su uso en hormigones, morteros y pastas. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.

UNE-EN 15167-2:2008 Escorias granuladas molidas de horno alto para su uso en hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Evaluación de la conformidad

3.1.6. Cementos

UNE 80305:2001 Cementos blancos.

UNE-EN 197-1:2000/A3:2008

Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes.

RC-08 Recepción de Cementos

3.2. Usos de los morteros

3.2.1. Morteros para obras de fábrica

UNE-EN 998-2:2004 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 2: Morteros para albañilería

UNE-EN 1015-1:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 1: Determinación de la distribución granulométrica (por tamizado).

UNE-EN 1015-10:2000 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido.

UNE-EN 1015-11:2000 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido.

UNE-EN 1015-18:2003 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 18: Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido.

UNE-EN 1015-2:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 2: Toma de muestra total de morteros y preparación de los morteros para ensayo.

UNE-EN 1015-6:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 6: Determinación de la densidad aparente del mortero fresco.

UNE-EN 1015-7:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 7: Determinación del contenido en aire en el mortero fresco.

UNE-EN 1015-3:2000 Métodos de ensayo para morteros de albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco (por la mesa de sacudidas).

UNE-EN 1015-3:2000/A2:2007 Métodos de ensayo para morteros de albañilería. Parte 3: Determinación de la consistencia del mortero fresco (por la mesa de sacudidas).

3.2.2. Revestimientos

UNE-EN 998-1:2010 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido.

UNE-EN 1015-12:2000 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 12: Determinación de la resistencia a la adhesión de los morteros de revoco y enlucido endurecidos aplicados sobre soportes.

UNE-EN 1015-19:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 19: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los morteros endurecidos de revoco y enlucido.

UNE-EN 1015-19:1999/A1:2005 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 19: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los morteros endurecidos de revoco y enlucido.

UNE-EN 1015-19:1999 ERRATUM Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 19: Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los morteros endurecidos de revoco y enlucido.

3.2.3. Morteros para solados

UNE-EN 13408:2002 Métodos de ensayo de morteros para igualado y/o nivelado de suelos de fraguado hidráulico. Determinación de la resistencia de la unión.





Relación de figuras y tablas

Relación de tablas

Tabla 1. Contenidos de las páginas similares
Tabla 2. Apartados de las páginas similares
Tabla 3. Coste de producción durante la creación del espacio
Tabla 4. Presupuesto de mantenimiento
Tabla 5. Ficha de búsqueda en bases de datos
Tabla 6. Características de la cal cálcica
Tabla 7. Características de la cal dolomítica
Tabla 8. Características cal hidráulica natural*
Tabla 9. Características de la cal hidráulica artificial
Tabla 10. Hidraulicidad según el tipo de cal
Tabla 11. Contenido de las cales y fraguado
Tabla 12. Pesos atómicos
Tabla 13. Propiedades de las cales en polvo
Tabla 14. Densidades de las cales
Tabla 15. Clasificación según composición
Tabla 16. Características del agua
Tabla 17. Extractos cronológicos de diferentes autores
Tabla 18. Dosificación de los estucos
Tabla 19. Clasificación de los estucos
Tabla 20. Kg de CO2 por tonelada
Tabla 21. Comparativa de cales y cementos
Tabla 22. Compatibilidad de materiales
Tabla 23. Clasificación de los fluidos según comportamiento reológico

Relación de figuras

Fig.1-Logotipo FICAL; cortesía de Daniel Olmo
Fig.2- Visualización de La Banca della Calce; www.bancadellacalce.it/
Fig.3- Visualización de The Building Limes Forum; www.buildinglime.org.uk
Fig.4- Visualización de European Lime Association; www.eula.be
Fig.5- Visualización de National Lime Asociation; www.lime.org
Fig.6- Visualización de Forum Italiano della Calce; www.forumcalce.it
Fig 7.- Visualización de la aplicación de cuestionarios online; www.portaldeencuestas.com
Fig.8- Fig.8-Mapa del diseño del espacio virtual
Fig.9- Visualización de la administración de Joomla!
Fig. 10- Logotipo Joomla!; www.joomla.com.es
Fig.11- Gestión tradicional o estática; www.joomla.com.es
Fig.12- Gestión de un CMS; www.joomla.com.es
Fig.13- Logotipo Apache; www.apache.org
Fig.14- Logotipo MySQL; www.mysql.com
Fig.15- Logotipo FileZilla; filezilla-project.org
Fig.16- Logotipo Artisteer; www.artisteer.com
Fig.17- Distribución de contenidos
Fig.18- Ejemplo de enlace entre artículos
Fig.19- Ejemplo de gestión bibliográfica
Fig.20- Ilustración sobre la vida en Catal Hoyük; www.catalhoyuk.com
Fig.21- Fresco del palacio del gobernador en Til Barsib; www.tca2noche.tripod.com
Fig.22- Fresco hallado en la pirámide de Tebas; www.artetorreherberos.blogspot.com
Fig.23- Chamota; www.ceramicadelaestanca.com
Fig.24- Fresco Rajasthan, India; www.rajasthanvisit.com
Fig.25- Panteón, Roma
Fig.26- Opus en Villa Adriana, Tívoli, Italia; cortesía de Montserrat Bosch
Fig.27- Violet Le-Duc ; misteriosdenuestromundo.blogspot.com
Fig.28- Esgrafiado segoviano, Alhambra, Granada; www.flickr.com
Fig.29- Basílica de San Lorenzo, Italia; www.monografias.com
Fig.30- Detalle de fresco, capilla Sixtina, Miguel Ángel; www.musikeiro.com.ar
Fig.31- Joseph Aspdin, representación gráfica; www.concretethinker.com
Fig.32- Tipos de cales según UNE EN 459-1:2002



Fig. 33- Ciclo de la cal; Escuela de artes y oficios de León

Fig.34- Fragmento del tratado de Briguz y Bru; Escuela de arquitectura civil, capítulo I prop. III

Fig.35- Termografía de la zona de descarga de un horno, Zone, Italia; cortesía de Joan Ramon Rosell

Fig. 36- Calcinación de la piedra caliza según Andrea Ratazzi

Fig.37- Canteras de caliza, Cordillera Cantábrica; www.cordilleracantabrica.org

Fig.38- Disposición de las piedras calizas según tamaño y forma en un horno tradicional; La producció de calç ahir.

El procés pre-industrial de producció de calç a la comarca del Montsià. CAATB, Barcelona 1987

Fig.39- Horno de cal tradicional; Escuela de artes y oficios de León

Fig.40- Confección del horno; Escuela de artes y oficios de León

Fig.41- Confección del horno II; Escuela de artes y oficios de León

Fig.42- Horno Rudersdorf; www.flickr.com

Fig.43- Horno Rotatorio; www.uclm.es

Fig.44- Horno Vertical; www.gmexico.com.mx

Fig.45- Apagado por aspersión, Zone, Italia; cortesía de Joan Ramon Rosell

Fig.46- Apagado “grande aqua”, Zone, Italia; cortesía de Joan Ramon Rosell

Fig.47- Apagado por inmersión breve, Zone, Italia; cortesía de Joan Ramon Rosell

Fig.48- Termografía de apagado en balsa, Zone, Italia; cortesía de Joan Ramon Rosell

Fig.49- Variación de temperatura en el tiempo según sistema de apagado; cortesía de Joan Ramon Rosell

Fig.50- Tratado de Benito Bails

Fig.51- Tratado de Fray Lorenzo de San Nicolás

Fig.52- Tipos de poros

Fig.53- Difracción de rayos X de una muestra de cal; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.54- SEM de pastas de cal de diferente antigüedad; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.55- Fluorescencia de rayos X; www.scienceinschool.org

Fig.56- Ladrillos sílico-calcáreos; www.flickr.com

Fig.57- Obra de fábrica de ladrillo antigua

Fig.58- Tendido a la llana

Fig.59- Pavimento romano, opus tesellatum; www.flickr.com

Fig.60- Silo de almacenaje de mortero; www.autopakmachinery.co.uk

Fig.61- Tratado de Perrault

Fig.62- Tratado de Briguz y Bru

Fig.63- Arena; www.flickr.com

Fig.64- SEM de ceniza volante; www.unizar.es

Fig.65- Detalle de humo de sílice; www.cedexmateriales.es

Fig.66- Puzolana roja; www.taringa.net

Fig.67- Pigmentos; www.ua-allbiz.info

Fig.68- Tamices normalizados; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.69- Peso de árido retenido en tamiz; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.70- Curva granulométrica; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.71- Mesa de sacudidas; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.72- Aerómetro; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.73- Galga extensiométrica ; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.74- Ensayo de ultrasonidos sobre probeta de hormigón; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.75- Maquinaria de ensayo a flexotracción y compresión; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.76- Maquinaria de ensayo a compresión; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.77- Visualización de las profundidades de carbonatación de probetas de mortero de cal; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.78- Ensayo de porosidad; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.79- Ensayo de desorción; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.80- Cámara climática para ensayos de permeabilidad; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.81- Rotura de probetas de mortero por cristalización de sales; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.82- Tester de adherencia; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.83- Detalle de opus; Jean Pierre Adam

Fig.84- Detalle de opus tesellatum I; www.flickr.com

Fig.85- Detalle de opus tesellatum II; www.flickr.com

Fig.86- Portada Artes de la Cal; Ignacio Gárate Rojas

Fig.87- Diccionario de la lengua española

Fig.88- Variantes de estucos

Fig.89- Tratado de Alberti

Fig.90- Juntas de sellado

Fig.91- Molduras de cal y yeso

Fig.92- Revoco monocapa de cal

Fig.93- Llanas de madera; www.bricolaje.facilissimo.com

Fig.94- Revoco brillante

Fig.95- Ejecución de la sagramatura, www.castellovagnone.it

Fig.96- Revoco a la martillina

Fig.97- Rasqueta metálica; Art.620 Ancora

Fig.98- Estuco

Fig.99- Acabado a la tirolesa

Fig.100- Enjabelgado; www.morterosdecal.com

Fig.101- Fresco de San Marcos, Venecia; www.terra.es

Fig.102- Fresco iglesia de Zone, Italia; ; cortesía de Montserrat Bosch

Fig.103- Aplicación del tadelakt; www.tierrafino.com

Fig.104- Hammam, Marruecos; www.hipmorocco.com

Fig.105- Estuco planchado, Barcelona; cortesía de Judith Ramírez

Fig.106- Detalle de esgrafiado

Fig.107- Usos de la cal en la historia

Fig.108- Lupa y microscopio; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.109- Variación de masa en función de la temperatura; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.110- Zonas de reacción de diferentes tipos de cales al calcinarse; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.111- Restauración del puente de la Margineda, Andorra; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.112- Detalle de mortero de reparación de cal y cemento; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.113- Deformación teórica de un fluido sometido a esfuerzo cortante

Fig.114- Tipos de fluidos según comportamiento reológico

Fig.115- Torque de reacción al someter una muestra de cal a una velocidad constante en función del tiempo; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.116- Distribución de la reacción al torque de una pasta de cal a diferentes velocidades; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.117- Reacción al torque inicial en pastas de cal y cales en polvo de diferentes edades; cortesía del Laboratori de Materials

Fig.118- SEM de dos partículas de dimensiones nanométricas: hidróxido cálcico de forma hexagonal y carbonato cálcico de forma prismática; www.forumcalce.it

Fig.119- Bloques de adobe, Palestina; www.webislam.com

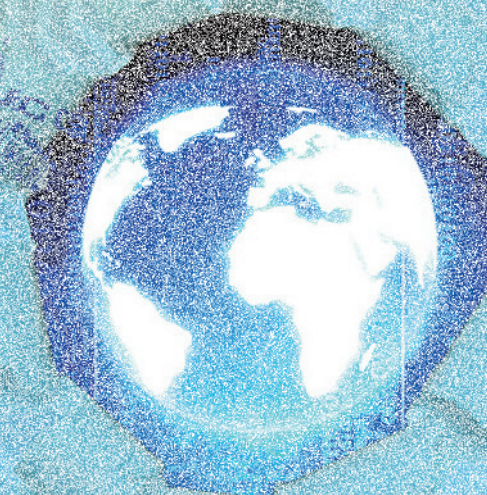
Fig.120- Muro de tapia; www.flickr.com

Fig.121- Restauración de tapial mediante hormigón de cal hidráulica como encofrado, obra de Moreno-Navarro





OPUS REVOCO TIROLESAS RABQUETA ESTUO
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD 100



Sumario

Sumario

Resumen

Prefacio

Capítulo 1. Introducción y objetivos

1. Contexto del proyecto

2. La Asociación del Fórum Ibérico de la Cal

3. Objetivos

Capítulo 2. Metodología de la realización del espacio digital

1. Diseño y organización previa de los contenidos

1.1. Comparativa de páginas similares

1.2. Cuestionario de interés de los colectivos implicados

1.3. Del índice al mapa web

2. Especificación del software a utilizar

2.1. Justificación

2.2. Sistema de Gestión de Contenido Joomla!

2.3. Soporte

3. Realización de la página

3.1. Contenido

3.2. Miembros

3.3. Aplicaciones

3.4. Legislación

3.4.1. Ley de Servicio de la Sociedad de la Información (LSSI)

3.4.2. Ley Orgánica de Protección de Datos de carácter personal (LOPD)

3.4.3. Ley de Propiedad Intelectual

3.5. Gestión y mantenimiento

3.6. Presupuesto estimado de los trabajos

Capítulo 3. Gestión de la documentación para la realización de los contenidos

1. Las bases de la investigación bibliográfica

2. Clasificación de las publicaciones

3. Administración de referencias

Capítulo 4. Contenidos para la difusión de la cal como material

1. Origen de la cal

1.1. Antecedentes

1.2. Evolución

1.2.1. Egipto, India y Grecia

1.2.2. El Imperio Romano

1.2.3. Bizancio

1.2.4. Edad Media

1.2.5. Renacimiento y barroco

1.2.6. Edad moderna y contemporánea: de la consolidación de los aglomerantes hidráulicos a la aparición del cemento Portland.

2. Tipos de cal

3. Ciclo de la cal

3.1. Conceptos básicos

3.2. Termodinámica y cinética del proceso

4. Normativa aplicable

5. Fabricación

5.1. Materias primas

5.2. Explotación de las canteras

5.3. Trituración

5.4. Calcinación

5.5. Hornos

5.5.1. Hornos intermitentes

5.5.2. Hornos continuos

5.6. Sistemas de apagado

5.6.1. Al aire



5.6.2. Por aspersión

5.6.3. Por fusión

5.6.4. En autoclaves

5.6.5. En hidratadores mecánicos

5.7. Reposo y almacenaje

6. Propiedades de la cal

6.1. Densidad y porosidad

6.2. Finura de molido. Tamaño y forma de partícula

6.3. Composición química

Capítulo 5. Contenidos para la difusión de la cal en la construcción tradicional

1. Morteros, pastas y lechadas

1.1. Tipos

1.1.1. Según conglomerante o característica específica

1.1.2. Según su uso o aplicación

1.1.3. Según su método de fabricación

1.1.4. Según su forma de suministro

1.2. Componentes

1.2.1. Arenas

1.2.2. Agua

1.2.3. Adiciones

1.2.3.1. *Materiales puzolánicos*

1.2.3.2. *Materiales con propiedades hidráulicas latentes*

1.2.4. Aditivos

1.2.5. Pigmentos

1.3. Propiedades y ensayos que se derivan

1.3.1. Ensayos en mortero fresco

1.3.2. Ensayos en mortero endurecido

2. Usos de los morteros y pastas de cal

2.1. Obras de fábrica

2.1.1. Morteros para albañilería

2.1.1.1. *Dosificaciones*

2.1.1.2. *Ejecución*

2.1.2. Ladrillos silico-calcareos

2.2. Hormigones

2.3. Revestimientos horizontales o solados

2.4. Revestimientos verticales

2.4.1. Terminología

2.4.2. Ejecución

2.4.2.1. *Consideraciones previas*

2.4.2.2. *Ejecución del Enfoscado*

2.4.2.3. *Ejecución del Revoco*

2.4.2.4. *Revestimientos de morteros puros de cal*

2.4.2.5. *Revestimientos de morteros mixtos de cal y cemento*

2.4.2.6. *Morteros mixtos de cal y yeso*

Capítulo 6. Revestimientos verticales tradicionales

1. Revocos

1.1. Monocapa

1.1.1. Liso a la llana

1.1.2. De cal y alabastro

1.1.3. Liso lavado

1.1.4. Sagramatura

1.1.5. Rústicos

1.1.6. A la martillina

1.1.7. A la rasqueta

1.1.8. Picado a gavlán o palillo

1.1.9. Pétreo

1.1.10. Antiguo alemán

1.1.11. Patsch

1.1.12. Romano

1.1.13. Estuco

1.1.14. Tirollesa

1.1.15. Enjabelgado y encalado

1.1.16. Pintura de cal

1.1.17. Tadelakt

1.1.18. Hot lime

2. Caso singular, el estuco

2.1. Proceso ejecutivo

2.2. Acabados del estuco

2.2.1. Estucos enlucidos

2.2.2. Estucos labrados

2.2.3. Estucos esgrafiados

Capítulo 7. Contenidos para la investigación y restauración mediante cal

1. La cal en la actualidad

2. Restauración

2.1. Criterios de sostenibilidad

2.2. Cal vs. Cemento

2.2.1. Ventajas de los morteros de cal vs cemento:

2.2.2. Ventajas de los morteros mixtos vs cemento:

2.3. Restauración y reproducción de morteros

2.4. Criterios de intervención

3. Investigación

3.1. Reología

3.1.1. Medición de la viscosidad

3.1.2. Comportamiento de los fluidos

3.1.3. Comportamiento reológico de las pastas de cal

3.2. Nanocalce

3.3. Estabilización de arcillas

Conclusiones y Recomendaciones

Agradecimientos

Bibliografía

Índice de figuras y tablas

Sumario

Anexo 1. Resultados de la encuesta

Anexo 2. Textos de soporte

Anexo 3. Glosario





Anexo 1. Resultados de la encuesta

Cuestionario de interés sobre los contenidos de la futura web del Foro Ibérico de la Cal (2)

1 - Por favor, indique en primer lugar a cuál de los siguientes colectivos pertenece o al que más cercano se encuentra.

(Obligatorio)

- ☐ Estucadores y otros oficios artesanales de la construcción
- ☐ Estudiantes de oficios artesanales de la construcción
- ☐ Estudiantes de ingeniería de edificación o arquitectura técnica
- ☐ Estudiantes de ingeniería de materiales o industriales

☐ Constructores obra nueva

☐ Constructores restauración/rehabilitación

☐ Arquitectos obra nueva

☐ Arquitectos restauración/rehabilitación

☐ Arquitectos investigación

☐ Arquitectos técnicos o ingenieros de edificación obra nueva

☐ Arquitectos técnicos o ingenieros de edificación restauración/rehabilitación

☐ Arquitectos técnicos o ingenieros de edificación investigación

☐ Otros profesionales de investigación

☐ Proveedores de productos de cal

☐ Distribuidores de productos de cal

2 - En mis estudios y/o mi profesión

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
Busco la información por internet	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Consulto información sobre materiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Publico información y artículos relacionados con la cal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Puedo necesitar información sobre la cal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3 - De una página web me interesa

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
La información que pueda sacar escrita	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las fotografías que ilustren aquello que me interesa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La existencia de un foro relacionado en el que participar y contrastar mis opiniones con las de otros profesionales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Que disponga de un buscador para hallar la información que me sea de utilidad mediante palabras clave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los videos que expliquen un concepto interesante para mi búsqueda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4 - Sobre la asociación del Foro Ibérico de la Cal, me interesaría conocer

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
Quiénes son	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuáles son sus objetivos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cómo contactar con la asociación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cómo ser miembro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Actividades y servicios que ofrecen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5 - En cuanto a productos de cal, me gustaría encontrar

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
Información sobre productos disponibles en el mercado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Un listado de comerciales, proveedores y distribuidores de productos de cal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Un listado de profesionales dedicados a la aplicación de las diferentes técnicas basadas en la cal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Un mapa interactivo en el que consultar qué profesionales y comerciales puedo encontrar cerca de mi zona	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Información cualitativa sobre el coste de dichos productos, así como de sus aplicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6 - Entre los procesos industriales de la cal, estoy interesado en

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
La construcción de obra nueva	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La rehabilitación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La industria papelera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La ingeniería de materiales	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La química e ingeniería química	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La ingeniería civil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
El medio ambiente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7 - Como estudiante y/o profesional, estoy interesado en

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
Los criterios de sostenibilidad actuales y las discusiones medioambientales entorno a la construcción	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Los proyectos que se realizan en torno a la restauración y rehabilitación mediante el empleo de la cal como material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La investigación que se realiza en torno a la cal en sus propiedades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
La investigación que se realiza en torno a la cal en sus aplicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8 - En cuanto a la cal, me gustaría encontrar

(Obligatorio)

	1	2	3	4	5
Noticias recientes sobre el tema en cuestión	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una explicación extensa de la cual yo pueda decidir con qué conceptos me quedo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Información sobre los diferentes tipos de cal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Las normativas de aplicación de dicho material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una explicación detallada de su proceso de fabricación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una explicación detallada de sus propiedades	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una explicación detallada de sus aplicaciones	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Referencias bibliográficas sobre los temas que pueda consultar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Artículos de investigación relacionados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Otras páginas web relacionadas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Una breve explicación para hacer rápidamente mi trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9 - Finalmente, escriba a continuación aquellos contenidos que esperaría encontrar en la página web del FICAL y que no han sido tratados en el presente cuestionario.



Resultados de la encuesta

El presente cuestionario fue respondido por una muestra de 89 profesionales y estudiantes que pertenecían a diferentes colectivos que podrían estar interesados en una página web sobre el mundo de la cal. El gráfico 1 representa la distribución de población según su ocupación.

El gráfico muestra que la mayoría de encuestados pertenecen al sector de la investigación, seguido por los proveedores de productos de cal, los arquitectos dedicados a la restauración y rehabilitación y por los profesionales de oficios de la construcción. En menor medida se encuentran los arquitectos técnicos y constructores dedicados a la rehabilitación, seguidos por otros colectivos minoritarios. Es importante tener en cuenta esta distribución de encuestados para comprender los siguientes apartados, en los que se estudia el nivel de interés en los contenidos de la página.

Los siguientes gráficos circulares recabados en la Tabla 1 muestran el uso de los medios de información telemática de la muestra.

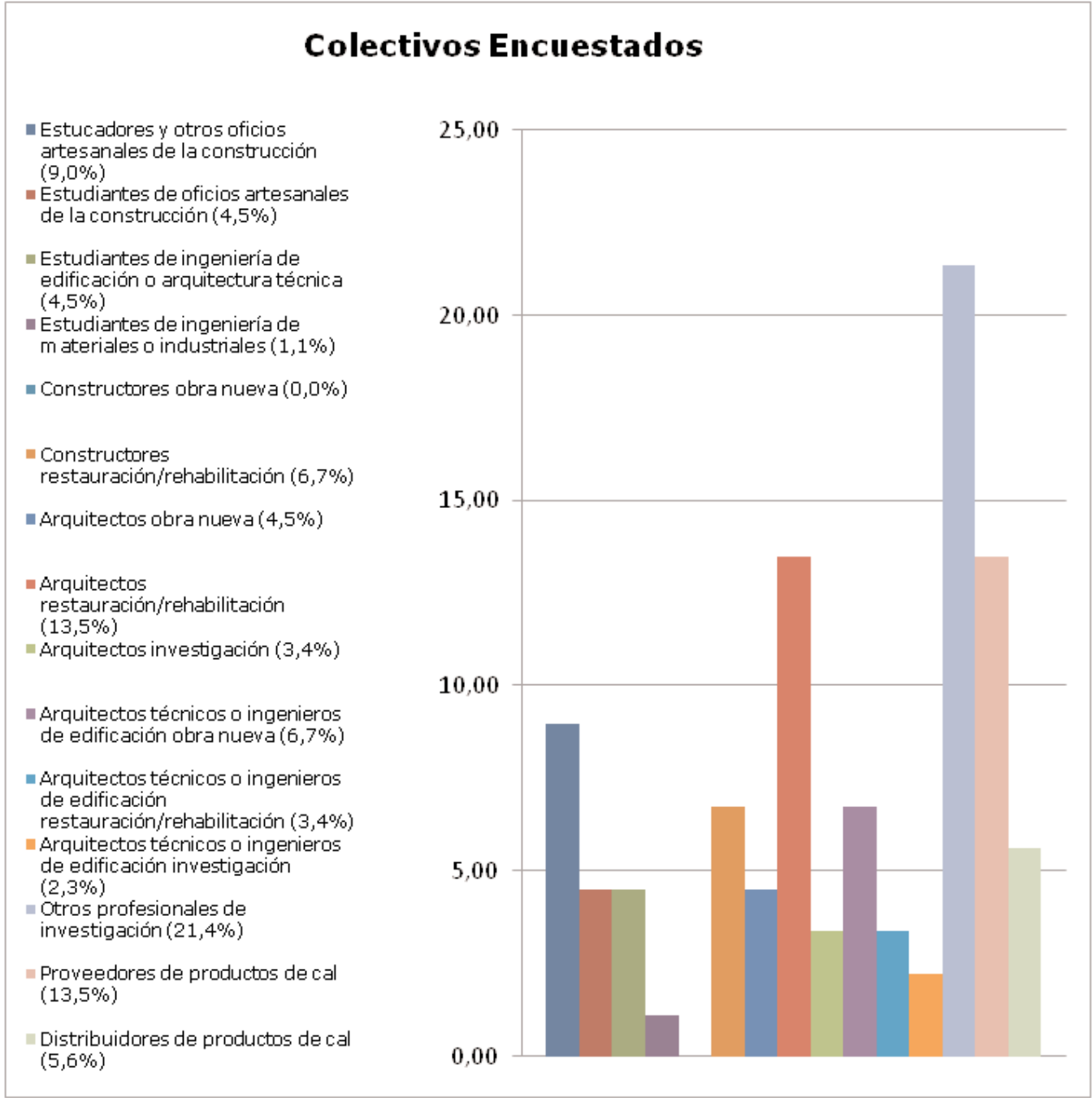
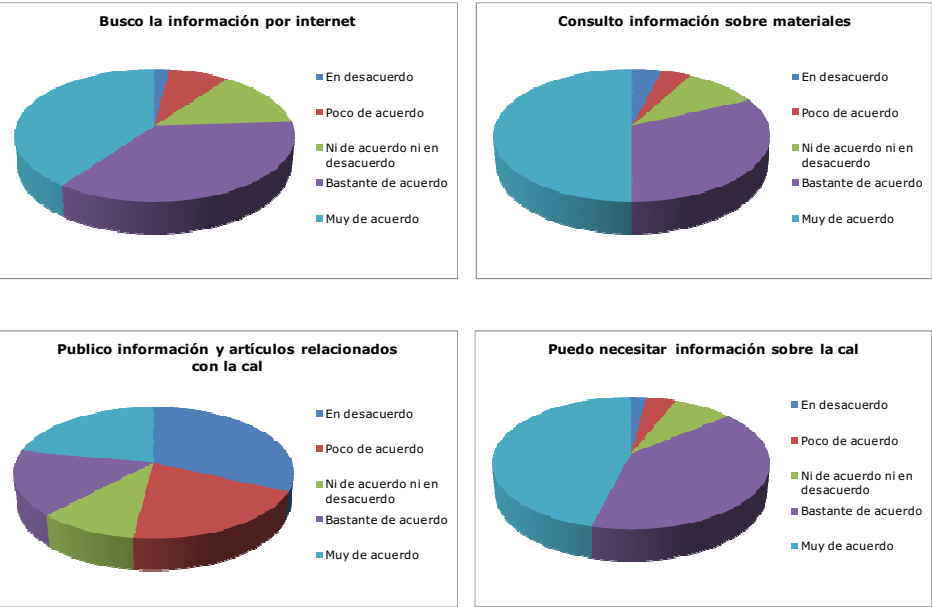


Gráfico 1

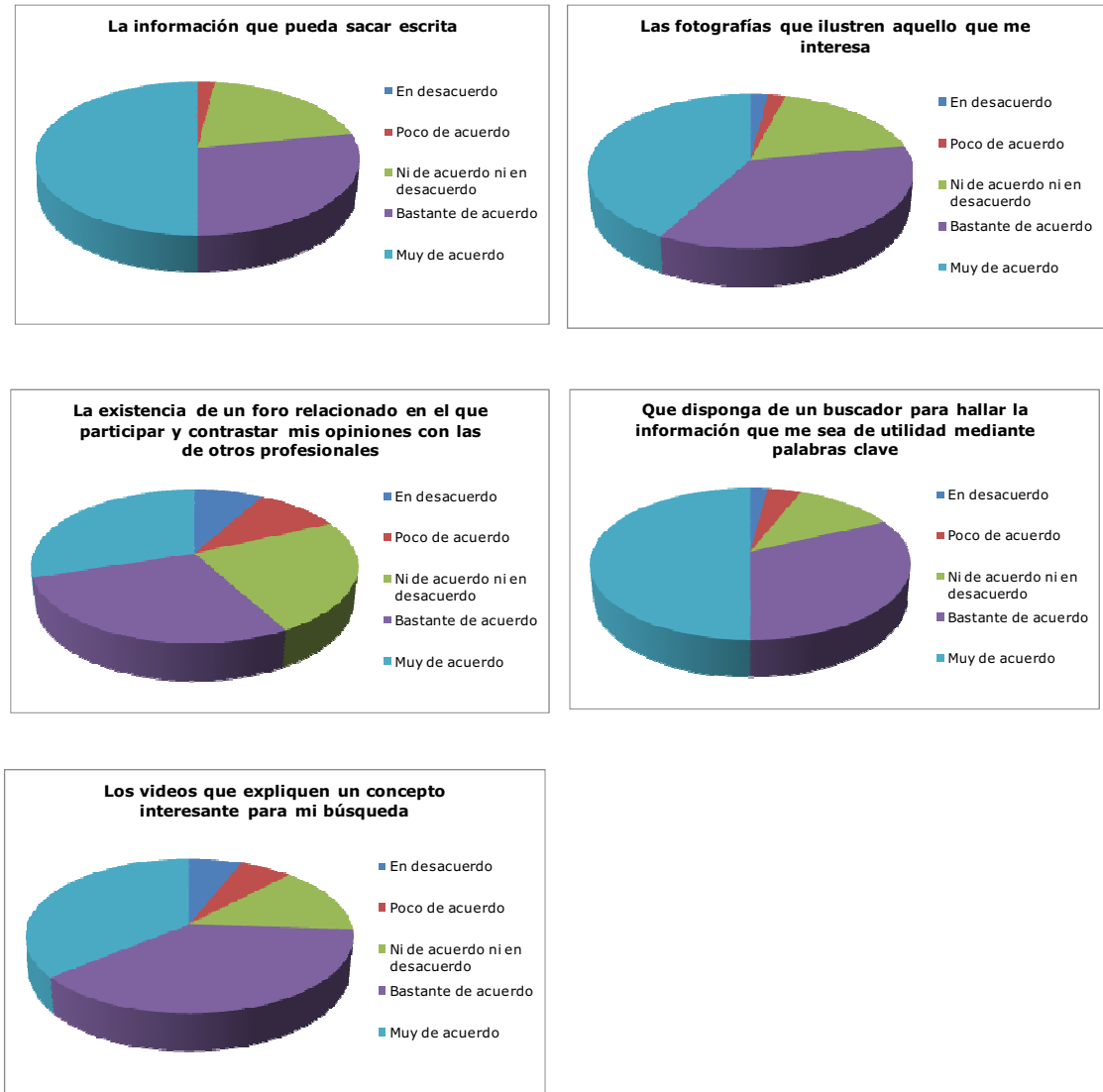
Tabla 1



En mis estudios y/o mi profesión...	%	%	%	%	%
Busco la información por internet	1,1	4,5	7,9	20,2	22,5
Consulta información sobre materiales	2,2	2,2	5,6	18,0	28,1
Publico información y artículos relacionados con la cal	18,0	11,2	5,6	9,0	12,4
Puedo necesitar información sobre la cal	1,1	2,2	4,5	22,5	25,8

Los usuarios encuestados utilizan en su mayoría los medios telemáticos para la búsqueda de información sobre materiales en general y sobre cal en particular. En cuanto a la publicación de artículos por ésta vía, encontramos disparidad de opiniones siendo prácticamente tantos los que utilizan dicha herramienta como los que no. En cuanto al formato de información que esperan encontrar, la siguiente tabla recaba el interés entre las diferentes posibilidades.

Tabla 2

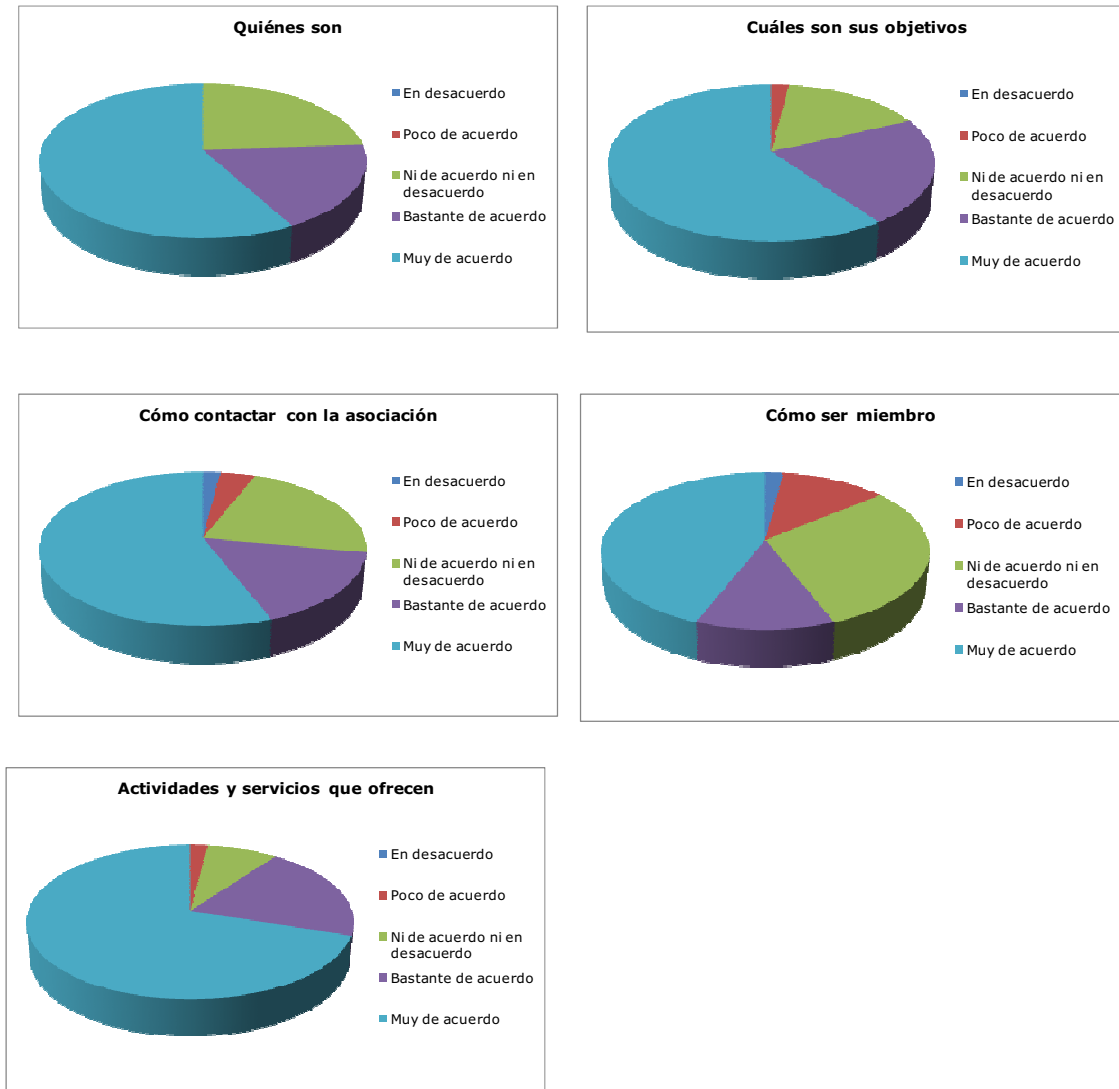


De una página web me interesa...	%	%	%	%	%
La información que pueda sacar escrita	0,0	1,1	11,2	15,7	28,1
Las fotografías que ilustren aquello que me interesa	1,1	1,1	10,1	20,2	23,6
La existencia de un foro relacionado en el que participar y contrastar mis opiniones con las de otros profesionales	4,5	5,6	13,5	15,7	16,9
Que disponga de un buscador para hallar la información que me sea de utilidad mediante palabras clave	1,1	2,2	6,7	18,0	28,1
Los videos que expliquen un concepto interesante para mi búsqueda	3,4	3,4	7,9	21,3	20,2

Se da más importancia a los contenidos multimedia, esto es fotografías y videos ilustrativos que al texto informativo. También se da una gran importancia a la disposición de un buscador para poder encontrar la información necesaria de forma eficaz. Los foros de debate también suponen una herramienta cotizada en este sector, para poder interactuar con otros profesionales interesados, aunque también hay un porcentaje significativo de encuestados que no están de acuerdo con su uso.

En cuanto a la información relacionada con la asociación del Fórum Ibérico de la Cal, la Tabla 3 muestra el interés de diferentes informaciones relacionadas con la asociación.

Tabla 3





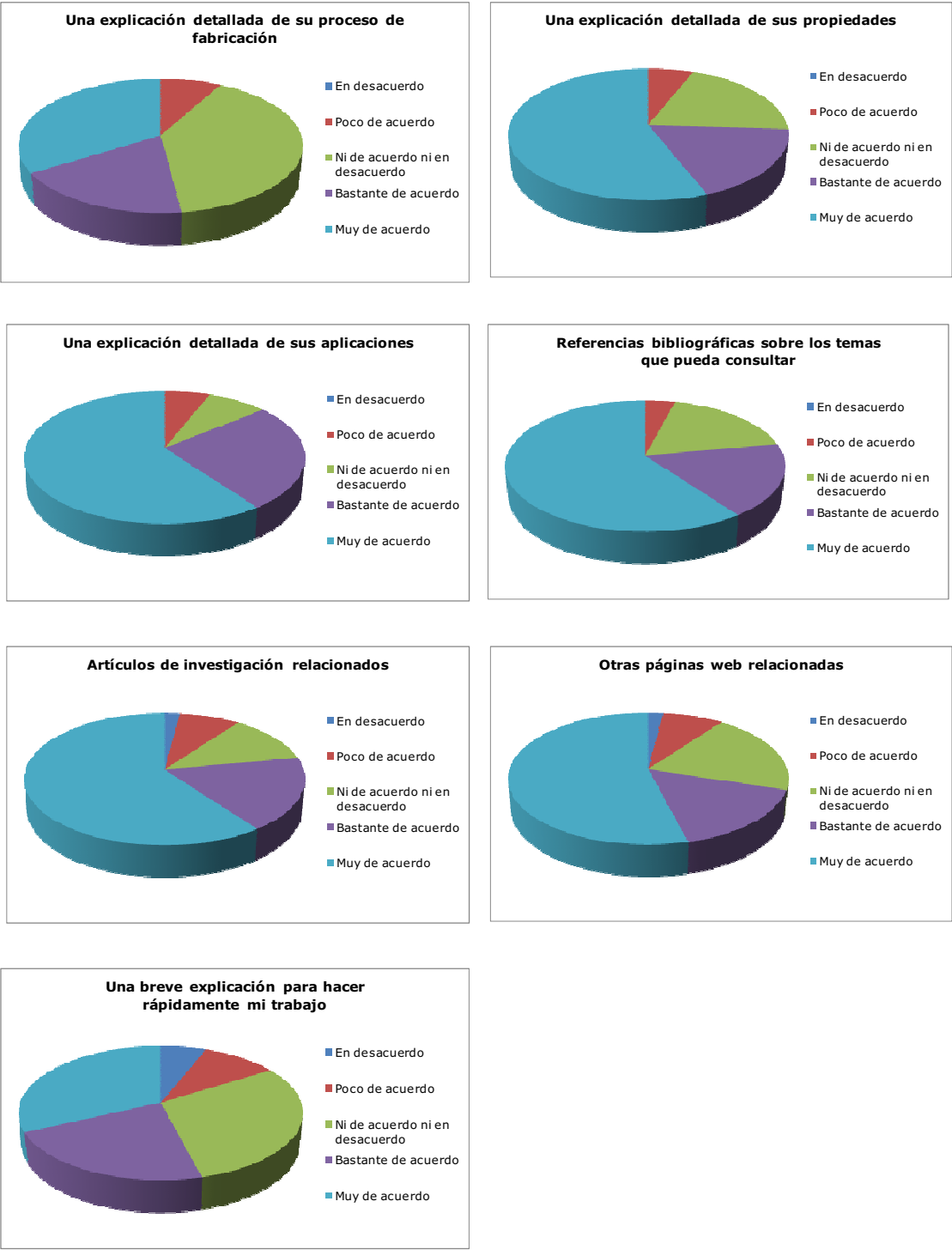
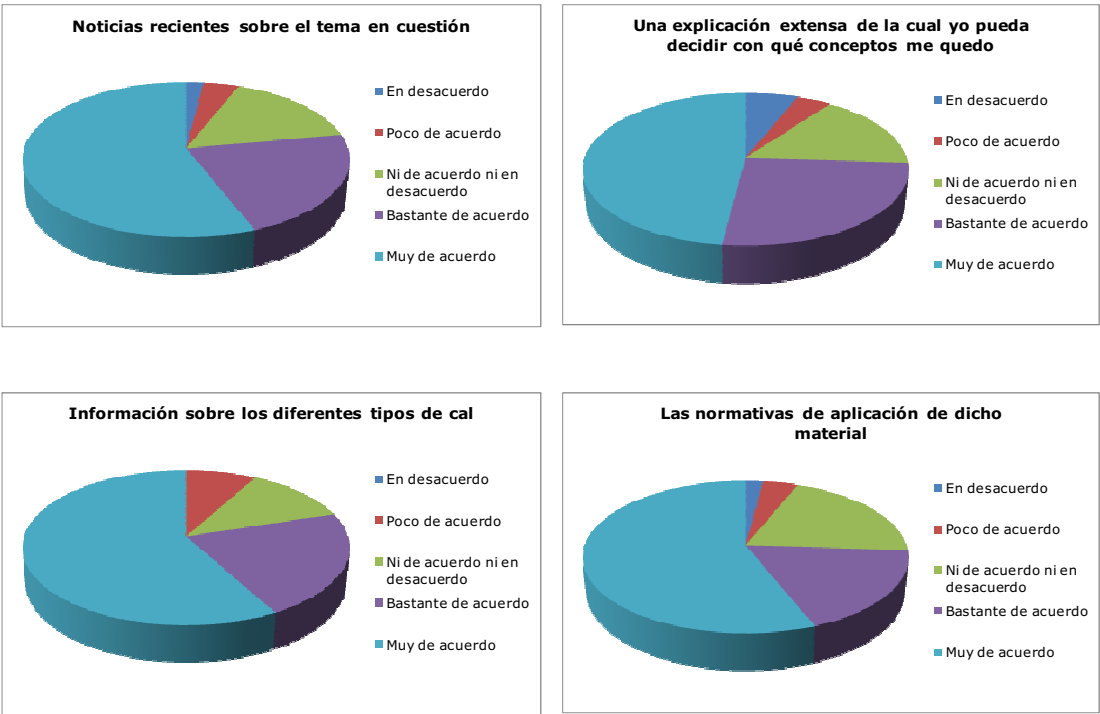
Sobre la asociación del Foro Ibérico de la Cal, me interesaría conocer...	%	%	%	%	%
Quiénes son	0,0	0,0	13,5	10,1	32,6
Cuáles son sus objetivos	0,0	1,1	9,0	12,4	33,7
Cómo contactar con la asociación	1,1	2,2	12,4	9,0	31,5
Cómo ser miembro	1,1	6,7	16,9	6,7	24,7
Actividades y servicios que ofrecen	0,0	1,1	4,5	11,2	39,3

Hay una opinión unánime referente en dar a conocer quiénes son la asociación, y ningún encuestado se posiciona en desacuerdo de exponer los objetivos de ésta, así como las actividades y servicios que ofrecen. En cuanto al contacto telemático como asociación y la posibilidad de hacerse miembro mediante esta vía, existen algunos encuestados que se encuentran en desacuerdo, aunque la opinión general respalda dichas propuestas.

En las siguientes tablas se recaban los intereses referentes a los contenidos técnicos que debe contener un medio de información telemática sobre la cal.

En cuanto a la cal como material, los datos se recaban en la Tabla 4.

Tabla 4

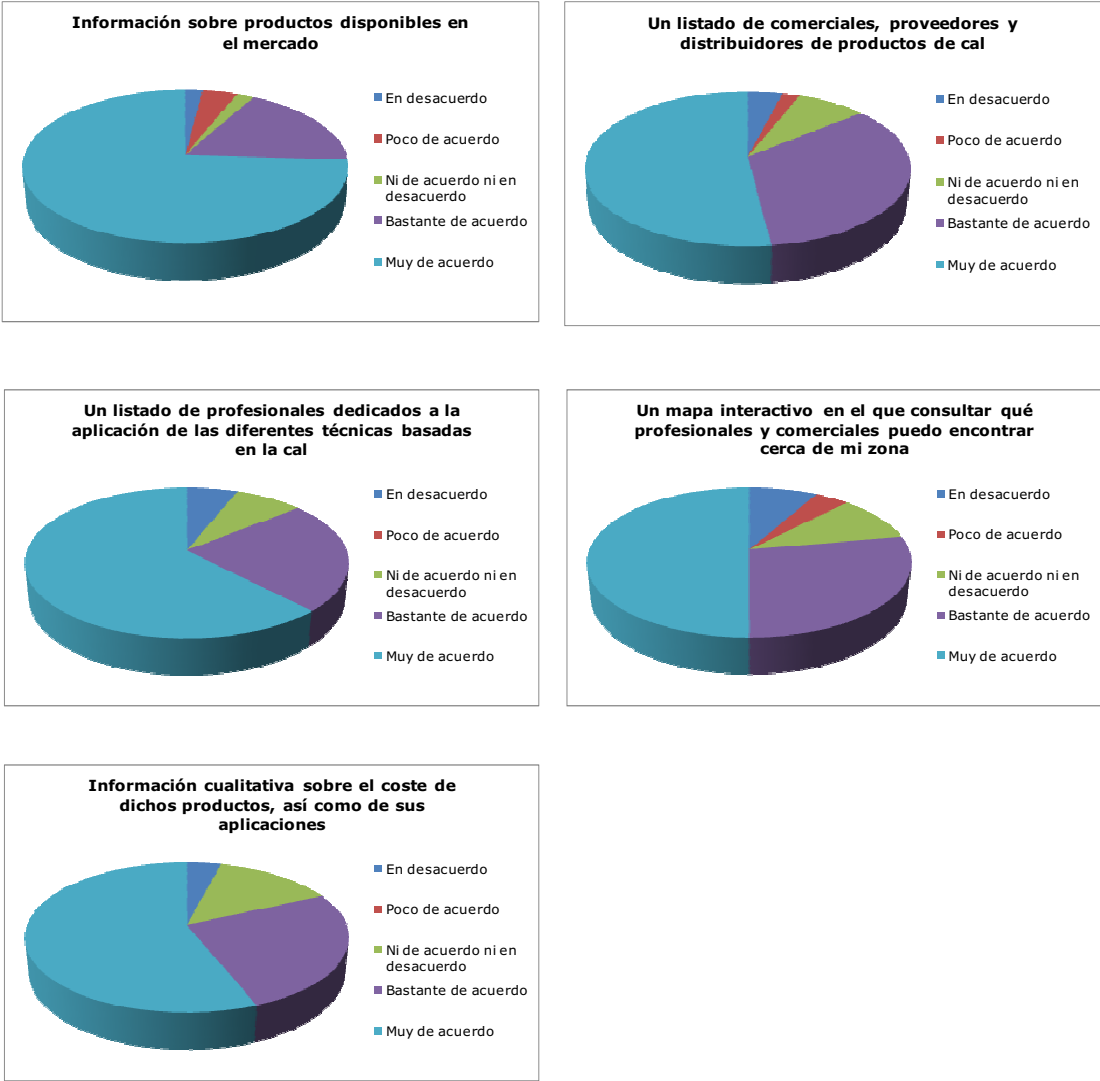


En cuanto a la cal, me gustaría encontrar...	%	%	%	%	%
Noticias recientes sobre el tema en cuestión	1,1	2,2	9,0	12,4	31,5
Una explicación extensa de la cual yo pueda decidir con qué conceptos me quedo	3,4	2,2	9,0	14,6	27,0
Información sobre los diferentes tipos de cal	0,0	4,5	6,7	12,4	32,6
Las normativas de aplicación de dicho material	1,1	2,2	11,2	10,1	31,5
Una explicación detallada de su proceso de fabricación	0,0	4,5	22,5	10,1	19,1
Una explicación detallada de sus propiedades	0,0	3,4	11,2	10,1	31,5
Una explicación detallada de sus aplicaciones	0,0	3,4	4,5	14,6	33,7
Referencias bibliográficas sobre los temas que pueda consultar	0,0	2,2	10,1	10,1	33,7
Artículos de investigación relacionados	1,1	4,5	6,7	10,1	33,7
Otras páginas web relacionadas	1,1	4,5	11,2	9,0	30,3
Una breve explicación para hacer rápidamente mi trabajo	3,4	5,6	16,9	12,4	18,0

Este apartado muestra la convergencia entre el interés por dar a conocer a aquellos profesionales y proveedores de productos existentes con la intención de realizar una página informativa y no comercial los resultados son en general positivos, pero deben tenerse en cuenta los usuarios que prefieren una página dedicada a la difusión de la información desde un punto de vista más científico.

Existen diferentes aplicaciones de la cal, entre las que la construcción representa tan solo el 20% de la producción

Tabla 5

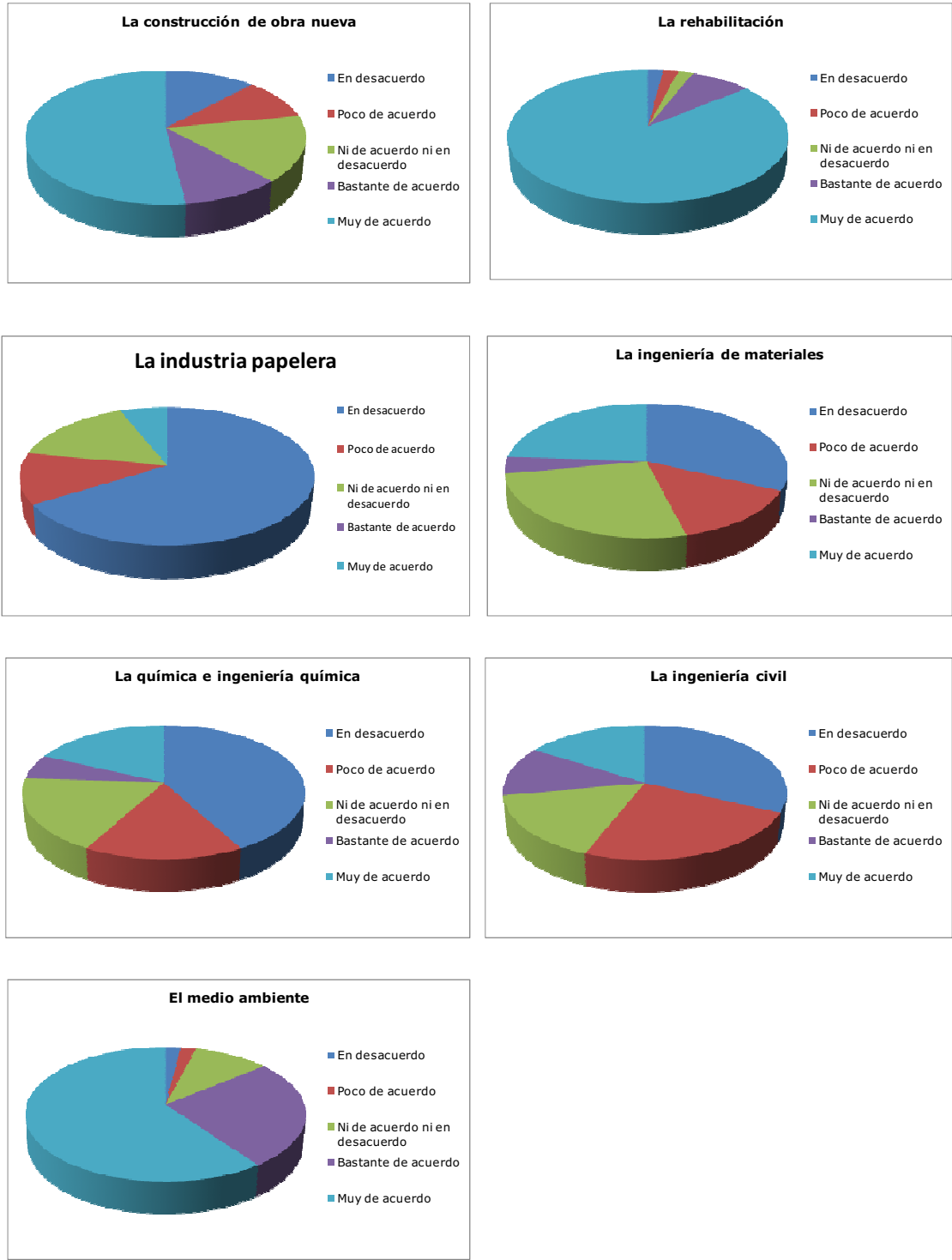


En cuanto a productos de cal, me gustaría encontrar...	%	%	%	%	%
Información sobre productos disponibles en el mercado	1,1	2,2	1,1	10,1	41,6
Un listado de comerciales, proveedores y distribuidores de productos de cal	2,2	1,1	4,5	19,1	29,2
Un listado de profesionales dedicados a la aplicación de las diferentes técnicas basadas en la cal	3,4	0,0	4,5	13,5	34,8
Un mapa interactivo en el que consultar qué profesionales y comerciales puedo encontrar cerca de mi zona	4,5	2,2	5,6	15,7	28,1
Información cualitativa sobre el coste de dichos productos, así como de sus aplicaciones	2,2	0,0	7,9	14,6	31,5



e cal en España, según ANCADE. Por ello, también resulta de interés conocer en qué sectores se encuentran interesados los usuarios encuestados, cuyos resultados se muestran en la Tabla 6.

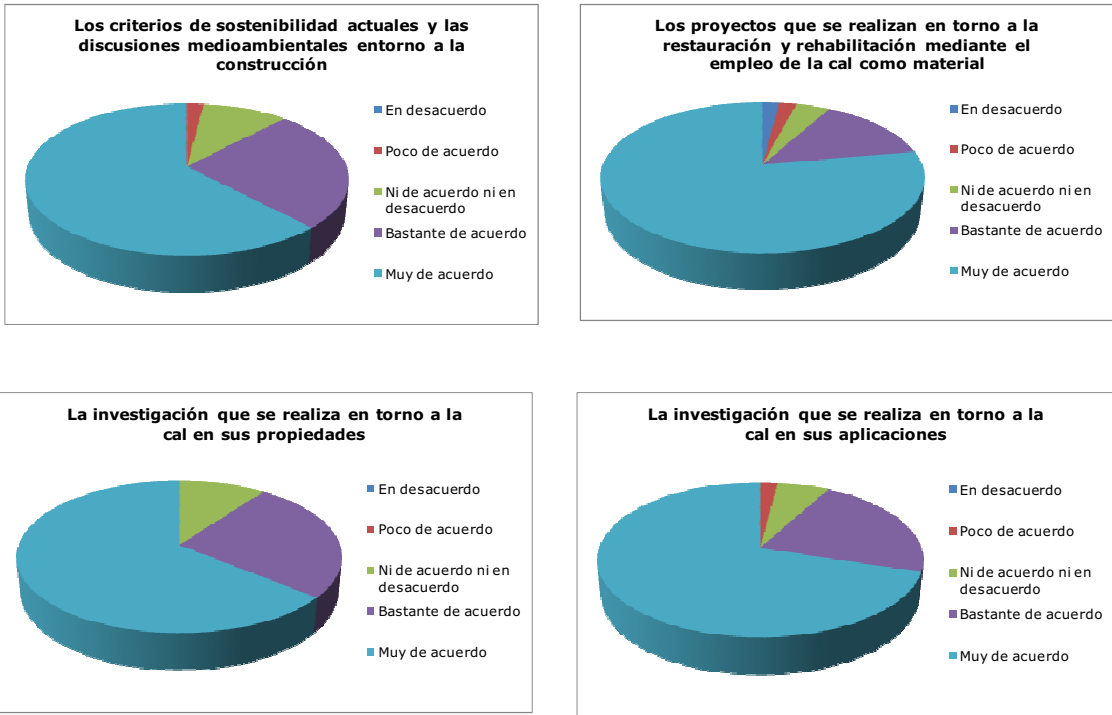
Tabla 6



Entre los procesos industriales de la cal, estoy interesado en...	%	%	%	%	%
La construcción de obra nueva	6,7	5,6	9,0	5,6	29,2
La rehabilitación	1,1	1,1	1,1	4,5	48,3
La industria papelera	37,1	6,7	9,0	0,0	3,4
La ingeniería de materiales	18,0	7,9	14,6	2,2	13,5
La química e ingeniería química	23,6	9,0	10,1	3,4	10,1
La ingeniería civil	18,0	13,5	9,0	6,7	9,0
El medio ambiente	1,1	1,1	5,6	14,6	33,7

Los sectores de mayor interés son la rehabilitación, seguido del medio ambiente y la construcción de obra nueva. Se encuentran también como sectores de interés la ingeniería de materiales, la química y la ingeniería química, así como la ingeniería civil. La industria papelera carece prácticamente de interés para los colectivos encuestados. Es importante tener en cuenta en referencia a estos datos el porcentaje de colectivos profesionales que han participado en esta encuesta, así como la situación económica e intereses profesionales actuales. Siguiendo esta línea de actualidad, en la Tabla 7 se muestran los resultados referentes a los proyectos que se realizan actualmente en torno a la cal y el interés que éstos tienen para la muestra de población objeto de estudio.

Tabla 7



Como estudiante y/o profesional, estoy interesado en...	%	%	%	%	%
Los criterios de sostenibilidad actuales y las discusiones medioambientales entorno a la construcción	0,0	1,1	5,6	14,6	34,8
Los proyectos que se realizan en torno a la restauración y rehabilitación mediante el empleo de la cal como material	1,1	1,1	2,2	7,9	43,8
La investigación que se realiza en torno a la cal en sus propiedades	0,0	0,0	5,6	14,6	36,0
La investigación que se realiza en torno a la cal en sus aplicaciones	0,0	1,1	3,4	12,4	39,3

De estos datos se deduce la existencia de un interés por los temas de investigación y proyectos actuales. Actualmente resulta de gran interés la restauración y rehabilitación, de lo que se deduce el interés por la investigación sobre las aplicaciones de la cal en la construcción, así como de sus propiedades. También han tomado importancia en los últimos años los criterios de sostenibilidad e torno a la construcción.

Finalmente, en cuanto a la pregunta abierta que se realizó sobre los conceptos que los encuestados habían echado en falta en el cuestionario, así como las sugerencias que se expusieron, se exponen a continuación junto a su respuesta si concierne:

Comentarios

- Muy completo
- Contenidos previos muy adecuados
- No me siento identificado con ninguna de las categorías del primer punto; en todo caso podría figurar otra categoría del tipo "interesado en la cal" Todo lo relacionado con: 1/ Historia de la construcción y la cal 2/ Relación con otros materiales en estos otros contextos culturales (complementariedad, sustituibilidad, etc)

Sugerencias

- La cal en restauracion de bienes inmuebles: *se ha realizado un apartado dedicado a los criterios de restauración en monumentos arquitectónicos. Se sobreentiende que dichas técnicas pueden también ser aplicadas en bienes inmuebles en general.*
- Aspectos históricos: están incluidos en la sección "la cal como material"
- Sobre los productores de cal: *se han realizado preguntas al respecto en el cuestionario, su adición a los contenidos depende de los socios de FICAL.*
- Sobre plataformas de ejecución de obras y servicios propuestas por las escuelas de formación y titulación de estos ejercicios tales como viveros de empresas con carácter no lucrativo y de promoción paralela para el taller de enseñanza como el del trabajador con apoyo de la escuela: *estas plataformas deberían encontrarse como servicio en las escuelas de artes y oficios, de las cuales se encuentran sus respectivos enlaces en la sección de Enlaces.*

- Lo primero me gustaría y mucho encontrar a todas esas empresas, multinacionales y explotadores que echaron abajo el mundo de la cal y de los estucadores, que levantaron el imperio de las cementeras y ahora está totalmente explotado quieren explotar la cal y los estucadores de toda la vida. También que salgan a la luz todos esos vividores que viven del estuco y que jamás en la vida han trabajado en esto, es más ni siquiera tienen una sola obra de estuco y si tan metidos estáis en el tema sabéis perfectamente de quien se trata. Un cordial saludo.
- Nuevos procesos de aplicación y producción: *en este primer trabajo preliminar se recaban los conocimientos actuales sobre aplicaciones de la cal y se invita a los usuarios a compartir nuevas o antiguas técnicas relacionadas con el mundo de la cal.*
- Aspectos relacionados con talleres y programas didácticos: *se prevé que la asociación realice eventos al respecto.*
- Trabajos e investigación sobre la cal en restauración de obras de arte sobre soportes lapídeos, ya pintura mural o piedra.
- Investigaciones sobre nuevos usos hasta ahora desconocidos: *en esta fase preliminar se han publicado algunas de las líneas de investigación vigentes relacionadas con el uso de la cal en construcción. Se anima a los socios a publicar sus propias experiencias y novedades.*
- Obras realizadas actualmente con cal, o con hormigón de cal: *se comentan puntualmente algunas obras en el desarrollo de los contenidos, pero resultaría de interés que los socios publicaran sus propias experiencias.*
- Historia de la producción, alternativas para la combinación de la cal con otros materiales para realizar morteros y acabados mejorados. información sobre transpirabilidad de los distintos tipos de cal ofertados ya colocados en obra: *si se realizara un estudio comparativo entre los productos existentes en el mercado sería de interés que éste fuese publicado por los socios en la página web.*
- Todos lo relacionado con el tema cultural de la cal: *se incluye en el trabajo*
- Que se sepa si hay un público capaz de apreciar los resultados del uso de la cal, quienes son, etc. Saber si existen formas mediáticas de ilustrar los resultados ambientales del uso de la cal (Fotografos, cineastas...Artistas): *el público capaz de apreciar los resultados del uso de la cal son aquellos de quienes se espera su visita o participación en la web de la Asociación, por lo que ésta constituye un acercamiento entre dichos interesados. La ilustración de los estudios ambientales es un estudio que si se realizase sería de interés que fuese publicado en la página.*



- Las técnicas utilizadas en la arquitectura local: *se incluyen las técnicas de forma genérica, y resulta de interés para la asociación que cada región exponga sus propias variedades.*
- Obras de restauración en proceso (actuales) Detalles de las intervenciones en la restauración: *sería de interés que dichos trabajos fuesen publicados por los socios en la página.*



Anexo 2. Textos de soporte

Texto de bienvenida

Bienvenidos a la página web del Foro Ibérico de la Cal, un espacio creado con el fin de unir a los diferentes profesionales relacionados con dicho material para compartir conocimientos y eventos relacionados con la cal y sus aplicaciones.

Quienes somos

El FORUM IBÉRICO DE LA CAL es una asociación sin ánimo de lucro cuyo fin es el desarrollo de la investigación, la formación y la difusión de la producción y el uso de la cal.

Pueden formar parte de FICAL tanto personas físicas como jurídicas, con capacidad de obrar que así lo soliciten, siempre que acepten los derechos y obligaciones que les correspondan como miembros de la asociación.

La organización de la asociación es la que se muestra en el siguiente organigrama.



Los objetivos del FICAL, que pueden consultarse en sus estatutos son los siguientes:

- Realizar estudios, investigaciones y análisis en el ámbito de la cal, composición, proceso de producción, técnicas de aplicación, incluida la localización de problemas de ejecución en el sector y ventajas de su uso.
- Establecer jornadas en relación con la cal y sus aplicaciones.
- Promover y difundir la información y el conocimiento del material, modos de aplicación y ventajas.

- Convertirse en un interlocutor reconocido con el fin de influir en el uso del material.
- Estrechar el vínculo entre los fabricantes del producto, los técnicos y los constructores y aplicadores.
- Fomentar la colaboración entre la Asociación, la Administración y el sector, tal como se recoge en el apartado VIII de la exposición de motivos de la Ley Orgánica 1/2002.
- Desarrollar acciones formativas sobre la aplicación de la cal.
- Desarrollar y promover acciones para la conservación y restauración del patrimonio europeo
- Fomentar y promover el diálogo intercultural.
- Promover la expansión de la Asociación.



Protección de datos



El artículo 5 de la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal establece:

Artículo 5. Derecho de información en la recogida de datos.

1. Los interesados a los que se soliciten datos personales deberán ser previamente informados de modo expreso, preciso e inequívoco:

De la existencia de un fichero o tratamiento de datos de carácter personal, de la finalidad de la recogida de éstos y de los destinatarios de la información.

Del carácter obligatorio o facultativo de su respuesta a las preguntas que les sean planteadas.

De las consecuencias de la obtención de los datos o de la negativa a suministrarlos.

De la posibilidad de ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición.

De la identidad y dirección del responsable del tratamiento o, en su caso, de su representante.

Cuando el responsable del tratamiento no esté establecido en el territorio de la Unión Europea y utilice en el tratamiento de datos medios situados en territorio español, deberá designar, salvo que tales medios se utilicen con fines de trámite, un representante en España, sin perjuicio de las acciones que pudieran emprenderse contra el propio responsable del tratamiento.

2. Cuando se utilicen cuestionarios u otros impresos para la recogida, figurarán en los mismos, en forma claramente legible, las advertencias a que se refiere el apartado anterior.

3. No será necesaria la información a que se refieren las letras b, c y d del apartado 1 si el contenido de ella se deduce claramente de la naturaleza de los datos personales que se solicitan o de las circunstancias en que se recaban.

4. Cuando los datos de carácter personal no hayan sido recabados del interesado, éste deberá ser informado de forma expresa, precisa e inequívoca, por el responsable del fichero o su representante, dentro de los tres meses siguientes al momento del registro de los datos, salvo que ya hubiera sido informado con anterioridad, del contenido del tratamiento, de la procedencia de los datos, así como de lo previsto en las letras a, d y e del apartado 1 del presente artículo.

5. No será de aplicación lo dispuesto en el apartado anterior, cuando expresamente una ley lo prevea, cuando el tratamiento tenga fines históricos, estadísticos o científicos, o cuando la información al interesado resulte imposible o exija esfuerzos desproporcionados, a criterio de la Agencia Española de Protección de Datos o del organismo autonómico equivalente, en consideración al número de interesados, a la antigüedad de los datos y a las posibles medidas compensatorias.

Asimismo, tampoco registrará lo dispuesto en el apartado anterior cuando los datos procedan de fuentes accesibles al público y se destinen a la actividad de publicidad o prospección comercial, en cuyo caso, en cada comunicación que se dirija al interesado se le informará del origen de los datos y de la identidad del responsable del tratamiento así como de los derechos que le asisten.

Los datos que nos facilite el usuario a través de este sitio se incorporarán a la base de datos de la asociación Fórum Ibérico de la Cal con el fin exclusivo de mantener informado al usuario de las actividades relacionadas con la asociación ó futuros Eventos y Congresos del FICAL, así como de las actividades específicas que se realicen.

De conformidad con la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal, cualquier usuario puede ejercitar los derechos de oposición, acceso, rectificación y cancelación de los datos facilitados dirigiéndose por escrito al siguiente domicilio:

Fórum Ibérico de la Cal (FICAL)

Pasaje Puigverd, s/n

07200 Felantix (Mallorca)

Illes Balears

Eventualmente, los datos del usuario pueden ser utilizados para hacerle llegar información, a través de correo electrónico, sobre el desarrollo del FICAL. Si usted no desea recibir información, háganoslo saber dirigiéndose por escrito a la dirección antes indicada.

El Fórum Ibérico de la Cal (FICAL) ha adoptado los niveles de seguridad de protección de datos de carácter personal legalmente requeridos, y ha instalado todos los medios y medidas técnicas a su alcance para evitar la pérdida, mal uso, alteración, acceso no autorizado y robo de los datos facilitados. Ello no obstante, el usuario debe ser consciente de que en el entorno de Internet la seguridad no es inexpugnable.

El Fórum Ibérico de la Cal (FICAL) como regla general, no comunicará los datos que le facilitan los usuarios a ninguna otra empresa o entidad. No obstante, y en el supuesto de que dicha comunicación de datos fuera necesaria para prestar un determinado servicio por parte de la FICAL, el usuario será informado de ello previamente, para que pueda manifestar su oposición. En ningún caso el usuario está obligado a prestar su consentimiento a la cesión o comunicación de datos.

Como enviar una noticia

Si quiere enviarnos una noticia relacionada con los contenidos tratados en el Fórum Ibérico de la Cal (FICAL) lea previamente las instrucciones que a continuación detallamos.

Al acceder al enlace se abrirá un cuadro de texto en el cual deberá indicarnos los siguientes parámetros:

Title: inserte el título de su noticia.

En el cuadro de texto escriba la cabecera o resumen de su noticia, que deberá ocupar entre 3 y 5 líneas.

A continuación, pulse Leer más y aparecerá una línea horizontal en su cuadro de texto. Escriba bajo ésta el contenido completo de su noticia.

Deberá adjuntar una imagen relacionada con su noticia como muestra el ejemplo:

titulo-de-la-noticia-cabecera.jpg

Si quiere adjuntar más imágenes para el texto desarrollado deberá también nombrarlas entre guiones y en formato .jpg.

En el apartado Publishing tan sólo es necesario indicar el nombre del autor (Author) y, si concierne, las fechas en qué esta noticia deberá permanecer publicada (Start publishing/ Finish publishing). Si quiere que su artículo sólo sea visible para los usuarios socios de FICAL o usuarios Registrados, o bien para los administradores o usuarios Especiales, deberá indicarlo en Access level.

Opcionalmente puede adjuntar en Metadata una breve descripción de su noticia, así como palabras clave o Key-words que serán utilizadas por el buscador de la página web de FICAL.

Su noticia será enviada automáticamente al Editor de FICAL, quién, previa corrección, será el encargado de publicarla próximamente en la página web.

Para acceder al editor de noticias pulse [aquí](#).

Como crear una cuenta Paypal

Paypal es una cuenta electronica con la que podras realizar todas tus gestiones monetarias en internet. Es de la mas usadas en internet junto con e-gold.

Paypal es muy facil de usar y no necesitaras ningun intermediario como en e-gold. Por supuesto, crear una cuenta en e-gold es totalmente gratuito y libre de mantenimiento.

Abrir una cuenta en paypal es muy sencillo.

Abre la pagina www.paypal.com.

En el menu superior haz click en Registrarse.

Rellena el formulario con los datos que te piden y acepta los terminos de uso.

Ya tienes tu cuenta paypal.

No hay numero de cuenta. La identificacion de cuenta paypal es la direccion de correo electronico con la que te registraste y la tendras que dar cuando te soliciten tu cuenta paypal.

Debes asociar una cuenta banacaria o una tarjeta de credito a tu cuenta paypal. A traves de ellas realizaras los retiros e ingresos de dinero en tu cuenta paypal sin necesidad de intermediarios. Si asocias una tarjeta de credito podras realizar pagos instantaneos aunque no tengas dinero en tu cuenta.

Tiene un limite mensual de movimientos. Para que desaparezca debes inscribirte en el programa de uso ampliado de paypal que nos es mas que la verificacion de que la cuenta banacaria o la tarjeta de credito que has asociado a tu cuenta paypal te pertenece. Para realizar esto, cuando solicitas el uso ampliado realizan un cargo simbolico (que luego te abonan) en tu cuenta banacaria o tarjeta de credito y en la referencia ira un numero. Este numero (que podras ver en el extracto de movimientos de tu cuenta bancaria o tarjeta de credito) deberas introducirlo en la seccion que te indiquen. El cargo que realizan te lo abonaron en el siguiente que pago que realices a traves de paypal.



Estatutos

FICAL

ASOCIACIÓN
FORUM IBÉRICO DE

ESTATUTOS: RESUMEN POR CAPÍTULOS

Capítulo I: Denominación, domicilio, ámbito y fines

Capítulo II: Miembros de , sus derechos y obligaciones

Capítulo III:

Capítulo IV:

Capítulo V: El/la presidente/a y el/la vicepresidente/a de la asociación

Capítulo VI: El tesorero y el secretario

Capítulo VII: Las comisiones o grupos de trabajo

Capítulo VIII: El régimen económico

Capítulo IX: Disolución y liquidación de la asociación
Disposiciones adicionales

ASOCIACIÓN
FORUM IBÉRICO DE
FICAL

ESTATUTOS

Capítulo I

Denominación, domicilio, ámbito y fines

Artículo 1. Denominación

Con la denominación de ASOCIACIÓN FORUM IBÉRICO DE presente asociación sin ánimo de lucro responde al derecho fundamental de asociación, se constituye al amparo del artículo 22 de la Constitución, como instrumento de participación, y se rige por 1/2002, de 22 de marzo, reguladora del Derecho de Asociación. tendrá una duración indefinida.

Artículo 2: Domicilio

La sede social se establece, inicialmente, PASAJE PUIGVERD S/N, de 07200 FELANITX, MALLORCA, ILLES BALEARS

Artículo 3: Ámbito de actuación

El ámbito de actuación del FORUM IBÉRICO DE será el del ESTADO ESPAÑOL

Artículo 4: Fines y Actividades

FORUM IBÉRICO DE desarrollará acciones de **INVESTIGACIÓN, FORMACIÓN Y DIFUSIÓN** de la producción y uso de la cal.

FORUM IBÉRICO DE trabajará con todos sus miembros para lograr los siguientes objetivos:

Realizar estudios, investigaciones y análisis en el ámbito de la cal, composición, proceso de producción, técnicas de aplicación, incluida la localización de problemas de ejecución en el sector y ventajas de su uso.

Establecer unas jornadas en relación con la cal y sus aplicaciones.

Promover y difundir la información y el conocimiento del material, modos de aplicación y ventajas.

Convertirse en un interlocutor reconocido con el fin de influir en el uso del material.

Estrechar el vínculo entre los fabricantes del producto, los técnicos y los constructores y aplicadores.

Fomentar la colaboración entre , y el sector, tal como se recoge en apartado el apartado VIII de la exposición de motivos de 1/2002.

Desarrollar acciones formativas sobre la aplicación de la cal.

Desarrollar y promover acciones para la conservación y restauración del patrimonio europeo

Fomentar y promover el diálogo intercultural.

Promover la expansión de

Capítulo II

Miembros de , sus derechos y obligaciones

Artículo 5.

Podrán formar parte de , como asociados, todas las personas físicas o jurídicas, con capacidad de obrar, que así lo soliciten. Para ello deberán presentar una solicitud de inscripción, a través de los medios que se establezcan para ello, a , la cual procederá a decidir su admisión o no en la primera reunión que tenga lugar, comunicando la decisión adoptada en más inmediata para su ratificación.

Las categorías de socios de , serán las siguientes:

Ordinario, Personas físicas

Extraordinario, Instituciones o Personas jurídicas (empresas u otras asociaciones gremiales o de otra índole)

Artículo 6.

Son derechos de los miembros de :

5.a) de los miembros ordinarios:

a) Asistir con voz y voto a las asambleas generales.

b) Elegir y ser elegidos para puestos de representación o para ejercer cargos directivos.



- c) Ejercer la representación que se les confiera en cada caso.
- d) Intervenir en el gobierno y las gestiones, en los servicios y las actividades de , de acuerdo con las normas legales y estatutarias.
- e) Exponer a y a todo lo que consideren que pueda contribuir a mejorar la vida de y la consecución de los objetivos sociales.
- f) Solicitar y obtener información y explicaciones sobre la administración y la gestión de o de los mandatarios de
- g) Recibir información sobre las actividades de
- h) Hacer uso de los servicios comunes que la asociación establezca o tenga a su disposición.
- i) Formar parte de los grupos de trabajo.

5.b) de los miembros Extraordinarios:

- a) Asistir con voz y un voto por persona jurídica a las asambleas generales.
- b) Exponer a y a todo lo que consideren que pueda contribuir a mejorar la vida de y la consecución de los objetivos sociales.
- c) Solicitar y obtener explicaciones sobre la administración y la gestión de o de los mandatarios de en aquellas cuestiones relacionadas con su patrocinio.

- e) Recibir información sobre las actividades de
- g) Formar parte de los grupos de trabajo.
- h) Constar en la publicidad de las actuaciones de en las que colaboren.
- i) Al tratarse de miembros con entidad jurídica, aquellas personas que pertenezcan a las entidades que sean patrocinadores y a su vez tengan la condición de socios ordinarios podrán ostentar la doble representación en los términos establecidos en estos estatutos.
- j) Aquellas entidades que contribuyan al sostenimiento de actividades de tanto económicamente como a través de otro tipo de aportaciones obtendrán el carácter de patrocinadores durante la vigencia de su aportación si así lo estimasen oportuno y lo solicitasen por los medios que se establezcan, sin necesidad de aprobación posterior.

Artículo 7.

Son obligaciones de los miembros de la asociación:

Ajustar su actuación a las normas estatutarias.

Cumplir los acuerdos de y las normas que señale para llevarlos a término.

Satisfacer puntualmente las cuotas que se establezcan, y que a propuesta de aprobará

Mantener la colaboración que sea necesaria para el buen funcionamiento de la asociación.

Colaborar a la buena imagen de la asociación

Artículo 8.

Son causas de baja en la asociación:

La renuncia voluntaria, presentada por escrito a

No satisfacer las cuotas fijadas.

Incumplimiento de las obligaciones o de los estatutos y/o reglamento interno.

Capítulo III**Artículo 9.**

1. de asociados es el órgano supremo de la asociación, sus miembros forman parte de ella por derecho propio e irrenunciable.

2. Los miembros de la asociación, reunidos en Asamblea General legalmente constituida, decidirán por mayoría simple de sus socios ordinarios los asuntos que sean competencia de excepto en aquellos casos establecidos en los estatutos (o en acuerdos posteriores) en los que se necesite un numero de socios determinado para las votaciones. En caso de empate, decidirá el voto de calidad del Presidente.

3. Todos los miembros están sujetos a los acuerdos de , incluyendo a los asociados ausentes, a los que discrepen y a los presentes que se abstengan de votar.

Artículo 10.

Son facultades de :

a) Modificar los estatutos de la asociación.

b) Adoptar los acuerdos relativos a la representación legal, gestión y defensa de los intereses de sus miembros.

c) Controlar la actividad y gestión de

d) Aprobar los presupuestos anuales de gastos e ingresos, y la memoria anual de actividades.

e) Elegir a los miembros de , destituirlos y sustituirlos.

f) Establecer las líneas generales de actuación que permitan cumplir los fines de la asociación.

g) Fijar el importe de las cuotas que los miembros de la asociación deberán satisfacer, si así se estableciera.

h) Disolver y liquidar la asociación.

Esta relación de facultades no limita otras atribuciones que pueden adjudicarse a



Artículo 11.

- 1. se reunirá en sesión ordinaria como mínimo una vez al año dentro del primer semestre.
- 2. se reunirá con carácter extraordinario siempre que sea necesario, a requerimiento de o bien cuando lo solicite, como mínimo, un tercio de la totalidad de los miembros de ; en este último caso deberá reunirse en un plazo no superior a 3 meses.

Artículo 12.

- 1. Las convocatorias de las Asambleas Generales, tanto las ordinarias como las extraordinarias, se harán por escrito. Los anuncios de la convocatoria se colocarán en los lugares que se determinen, con una antelación de 30 días. La convocatoria se dirigirá también individualmente a todos los miembros. La convocatoria especificará el orden del día, el lugar y incluirán preceptivamente en el orden del día de las cuestiones suscitadas por cada grupo de trabajo, siempre que previamente hayan sido comunicadas a
- 2. Las reuniones de , las dirigirá el presidente de no estuviera, lo sustituirán, sucesivamente, el vicepresidente o el vocal de más edad de como secretario quién ocupe el mismo cargo de en
- 3. El secretario redactará el acta de cada reunión de , se leerá el acta de la sesión anterior a fin de que se apruebe o se enmiende. Cinco días antes de celebrarse , el acta y cualquier otra documentación anexa tendrán que estar a disposición de los asociados, en el local social.

Artículo 13.

Las asambleas quedarán válidamente constituidas en primera convocatoria con la asistencia del 50% de los asociados, presentes o representados. Quedará válidamente constituida en segunda convocatoria, cualquiera que sea el número de asociados presentes o representados. La segunda convocatoria se efectuará media hora después de la primera y en el mismo lugar, y se tendrá que haber anunciado junto con la primera.

Artículo 14.

- 1. En las reuniones de , corresponde un voto a cada uno de los socios ordinarios o extraordinarios de que se encuentren al corriente de sus obligaciones.
- 2. Los acuerdos de las Asambleas Generales serán tomados por mayoría simple de los votos de los asistentes.
- 3. Para adoptar acuerdos sobre la separación de miembros, modificación de los estatutos, disolución de la asociación, constitución de una federación con otras asociaciones similares o la integración en una ya existente, será necesario obtener el voto de las dos tercios (2/3) de los asistentes, tanto en primera como en segunda convocatoria. Por otra parte, la elección de , si se presentan diversas candidaturas, se hará por acuerdo de la mayoría relativa de los asociados presentes y representados.
- 4. Los acuerdos de Extraordinaria sólo podrán ser adoptados por el voto favorable de dos tercios de los miembros presentes o representados en el mismo.

Capítulo IV

Artículo 15.

- 1. Regirá, administrará y representará a la asociación , que estará formada por:
El/la presidente/a.
El/la vicepresidente/a.
El/la secretario/a.
El/la tesorero/a.
Vocales

2. La elección de miembros de se hará por votación de

3. El ejercicio del cargo no supondrá compensación económica por el desempeño del mismo por parte de la asociación.

Artículo 16.

1.- Los miembros de ejercerán el cargo durante un periodo de 3 años, reelegibles. Los miembros de que hubieran agotado el plazo para el que fueron elegidos, continuarán ostentando sus cargos hasta el momento en que se produzca la aceptación de los que les sustituyan.

2.- El cese de los cargos antes de extinguirse el término de su mandato podrá sobrevenir por:

Dimisión voluntaria, presentada por escrito en el cual se expondrán los motivos.

Enfermedad que incapacite para el ejercicio del cargo.

Baja como miembro de la asociación.

Sanción por una falta cometida en el ejercicio del cargo, impuesta de acuerdo con lo que se establece en el artículo 8º punto c) de los presentes estatutos.

Artículo 17.

Serán atribuciones de:

a) Representar, dirigir y administrar la asociación de la manera más amplia que reconozca ; asimismo, cumplir las decisiones tomadas por , de acuerdo con las normas, instrucciones y directrices que establezca.

b) Tomar los acuerdos que sea preciso con relación a la comparecencia delante de los organismos públicos y ejercer toda clase de acciones legales e interponer los recursos pertinentes.

c) Proponer a la defensa de los intereses de

d) Proponer a la defensa del establecimiento de las cuotas que los miembros de tendrán que satisfacer.

e) Convocar las Asambleas Generales y controlar que se cumplan los acuerdos que se adopten en ellas.

f) Presentar el balance y el estado de cuentas de cada ejercicio a para que los apruebe, y confeccionar los presupuestos del ejercicio siguiente.

g) Elaborar la memoria anual de actividades y someterla a la aprobación de

h) Contratar a los empleados que la asociación pueda tener.

i) Inspeccionar la contabilidad y preocuparse para que los servicios funcionen con normalidad.

j) Establecer grupos de trabajo para conseguir de la manera más eficaz los fines de , y autorizar los actos que estos grupos de trabajo proyecten realizar.

k) Nombrar los vocales de que habrán de encargarse de cada grupo de trabajo.

l) Llevar a cabo las gestiones necesarias delante de los organismos públicos, entidades y otras personas, para conseguir:

1) Subvenciones u otras ayudas.

2) El uso o cesión de espacios o de locales

3) Otras que contribuyan a la consecución de los objetivos de la asociación



m) Abrir cuentas corrientes y libretas de ahorro en cualquier establecimiento de crédito o de ahorro, y disponer de los fondos que haya en este depósito. La disposición de los fondos se determina en el artículo 29.

n) Resolver provisionalmente cualquier caso que no se haya previsto en los estatutos y dar cuenta a la primera Asamblea General.

o) Cualquier otra facultad que no esté atribuida de una forma específica a otro órgano de gobierno de o que le haya sido delegada expresamente.

p) Los acuerdos o resoluciones adoptados por será por el voto de la mayoría simple de los asistentes. El empate se resolverá mediante el voto de calidad del Presidente o persona que ostente dicha función durante la misma.

Artículo 18.

1. , convocada previamente por el presidente o por la persona que lo sustituya, se reunirá en sesión ordinaria con la periodicidad que sus miembros decidan, y en ningún caso podrá ser inferior a 2 reuniones anuales

2. Se reunirá en sesión extraordinaria cuando la convoque con este carácter el presidente o bien si lo solicita un tercio de los miembros que la componen.

Artículo 19.

1. directiva quedará válidamente constituida si ha sido convocada con antelación y si hay quórum de la mitad más uno.

2. Los miembros de están obligados a asistir a todas las reuniones que se convoquen, aunque por causas justificadas, podrán excusar su asistencia. La asistencia del presidente o de la persona que lo sustituya será necesaria siempre.

3.- tomará los acuerdos por mayoría simple de los votos de los asistentes.

Artículo 20.

1. podrá delegar alguna de sus facultades en una o diversas comisiones o grupos de trabajo si cuenta, para hacerlo, con el voto favorable de las dos terceras partes (2/3) de sus miembros.

2. También podrá nombrar, con el mismo quórum, uno o varios mandatarios, para ejercer la función que les confíe y con las facultades que crea oportuno conferirles en cada caso.

Artículo 21.

Los acuerdos de se harán constar en el libro de actas. Al iniciarse cada reunión de , se leerá el acta de la sesión anterior para que sea aprobada o se rectifique, si es procedente.

Capítulo V

El/la presidente/a y el/la vicepresidente/a de la asociación

Artículo 22.

1. El/la presidente/a de la asociación también será el/la presidente/a de
2. Son propias del/ de la presidente/a las siguientes funciones.

La dirección y representación legal de , por delegación de y de

La presidencia y la dirección de los debates, tanto de como de

Emitir un voto de calidad decisivo en caso de empate.

Establecer la convocatoria de las reuniones de y de

Visar las actas y los certificados confeccionados por el secretario de

Las atribuciones restantes propias del cargo y las que le delegue y

3. El presidente será sustituido, en caso de ausencia o enfermedad, por el vicepresidente o por el vocal de más edad de , por este orden.

- 4.- El/la sustituirá al Presidente/a en ausencia de éste/a, motivada por enfermedad, o cualquiera otra causa, y tendrá las mismas atribuciones que él.

Capítulo VI

El tesorero y el secretario

Artículo 23.

El/la tesorero/a tendrá como función la custodia y el control de los recursos de la asociación, así como la elaboración de los presupuestos, el balance y la liquidación de cuentas. Llevará un libro de caja. Firmará los recibos de cuotas y otros documentos de tesorería. Pagará las facturas aprobadas por , visadas previamente por el presidente, e ingresará el remanente en depósitos abiertos en establecimientos de crédito o de ahorro.

Artículo 24.

El/la secretario/a custodiará la documentación de , levantará, redactará y firmará las actas de las reuniones de y de redactar y autorizar las certificaciones que se tengan que librar, y también llevará el libro de registro de asociados. Tendrá a cargo la dirección de los trabajos puramente administrativos de



Capítulo VII

Las comisiones o grupos de trabajo

Artículo 25.

La creación y constitución de cualquier comisión o grupo de trabajo, la plantearan los miembros de que quieran formarlo, que darán cuenta a , que debe aprobar su constitución por mayoría simple de sus miembros y explicarán las actividades que se han propuesto llevar a cabo.

podrá proponer asimismo la creación de grupos de trabajo o comisiones que considere oportuno para el mejor funcionamiento de o para el desarrollo de las actividades de la misma. Propondrá a los socios que la compondrán y dará cuenta en la siguiente Asamblea que se realice.

realizará el seguimiento de las diferentes comisiones o grupos de trabajo. Una vez al mes, el coordinador presentará un informe detallado de sus actuaciones.

Capítulo VIII

El régimen económico

Artículo 26.

no dispone inicialmente de patrimonio fundacional.

El Patrimonio de estará constituido por la totalidad de los bienes, derechos y acciones que le pertenezcan.

Artículo 27.

Los recursos económicos de la asociación se nutrirán de:

Las cuotas de los socios, periódicas o extraordinarias. Las contribuciones de los miembros.
Recursos propios de derivados de sus actividades, o por el rendimiento que se obtuviera de sus servicios.
Las subvenciones que puedan ser recibidas por las diferentes administraciones del Estado
Las subvenciones que pueda ser concedidas por
Por las subvenciones o ayudas procedentes de organismos privados o socios patrocinadores.
Herencias, donaciones o legados de personas físicas o jurídicas.
Y todos los demás recursos autorizados por la legislación.

Artículo 28.

El ejercicio económico coincidirá con el año natural y deberá cerrarse el 31 de diciembre.

Artículo 29.

En las cuentas corrientes o libretas de ahorro abiertas en establecimientos de crédito o de ahorro, figurarán las firmas del presidente, vicepresidente, secretario y el tesorero, como firmas autorizadas.

Para disponer de los fondos serán necesarias dos firmas de las autorizadas, una de ellas será necesariamente la del tesorero.

Capítulo IX

Disolución y liquidación de la asociación

Artículo 30.

podrá ser disuelta si así lo acuerda , convocada con carácter extraordinario expresamente para este fin.

Artículo 31.

1.- Una vez acordada la disolución, tomará las medidas oportunas respecto de la destinación de los bienes y derechos de la asociación, y de la finalidad, extinción y liquidación de cualquier operación pendiente.

2.- está facultada para elegir a una comisión liquidadora siempre que lo crea conveniente.

3.- Los miembros de la asociación están exentos de responsabilidad personal. Su responsabilidad quedará limitada a cumplir las obligaciones que ellos mismos hubieran contraído voluntariamente.

4.- El remanente neto que resulte de la liquidación se entregará directamente a la entidad benéfica o asociación sin ánimo de lucro que designe

5.- Las funciones de liquidación y ejecución de los acuerdos a que se refieren los apartados anteriores de este mismo artículo serán competencia de , si no ha dejado esta misión en manos de una comisión liquidadora designada específicamente.

Disposiciones adicionales:

Disposición Transitoria I

Los miembros constituyentes de acuerdan crear un periodo transitorio hasta que ésta se encuentre totalmente constituida y se establecen como Asamblea Constituyente hasta la primera Asamblea General Ordinaria.

Disposición Transitoria II

Se establece por los socios constituyentes la elección de una Junta Directiva constituyente para el registro de así como para su puesta en marcha hasta la primera Asamblea General Ordinaria.

Disposición Final

La interpretación de los preceptos contenidos en los presentes Estatutos, así como la resolución de las lagunas posibles, serán resueltas por , que tendrá facultad interpretativa, pudiendo solicitar para ello los asesoramientos que considere oportunos, tanto de personas integradas en como de otras que pudieran aportar conocimientos específicos a la resolución de las cuestiones planteadas.

Felanitx, Mallorca, a 15 de mayo de 2010





OPUS REVOCO TIROLESA RABQUENSTA
CAL PASTA LECHADA HORNO
CICLO APAGADO DENSIDAD 100



Anexo 3. Glosario

Anexo 3. Glosario

1. Vocabulario

Nombre	Definición	Origen
Abreviar	Regar los materiales de construcción como preparación y antes de hacer uso de ellos, o bien humedecer la pared para proceder al enlucido	Ref. (Garate, 1994)
Acolorir	Colorear la pasta del estuco o revoco. Se llaman así las técnicas de teñidos con agua de cal y pigmentos.	(León, 1998)
Aglomerante	Sustancia (cal, cemento) que por sus características, consigue ligar los materiales que forman el mortero (áridos, aditivos)	(León, 1998)
Agramilar	Imitar ladrillos sobre un revoco	(León, 1998)
Agua de cal	Agua que baña la cal en pasta en la balsa de reposo. Contiene hidróxidos de calcio en suspensión y sufre la misma reacción química de carbonatación que la cal. Se emplea para diluir pigmentos, consolidar la piedra caliza y realizar veladuras protectoras de las fábricas de piedra.	(León, 1998)
Airear la masa	Tiempo de espera en la aplicación de las diferentes capas del estuco, que permite la evaporación del agua de cantera de la capa aplicada, para que de esta forma adquiera la consistencia necesaria para soportar una nueva aplicación. El momento idóneo para el nuevo tendido es cuando al pasar la yema de los dedos por encima de la superficie, la masa no mancha ni se hunde, pero se mantiene aún fresca	(León, 1998)
Aixamurat	Airear la masa	(León, 1998)
Albin	Color carmesí oscuro, que se saca de las piedras de las minas de cobre y sirve en vez del carmín para pintar al fresco.	(Garate, 1994)
Alcatife o alcatifa	Broza o relleno que, para allanar, se echa en el suelo antes de enlosarlo o enladrillarlo, o sobre el techo para tejar. Mezcla muy fina de cal y arena que admite pulimento, es casi un estuco (...).	Diccionario de la RAE
Alcotana	Herramienta de albañilería, que termina por uno de sus extremos en figura de azuela y por el otro en figura de hacha y que tiene en medio un anillo en que entra y se asegura un mango de madera, como de medio metro de largo. (...)	Diccionario de la RAE
Alfiche	Herramienta de alicatador; es una cuchilla inclinada respecto al mango.	(Garate, 1994)
Arenato	Según Vitrubio, conjunto de tres capas de mortero que se aplicaban sobre el enfoscado y con las que se obtiene la rectitud del muro. Arrebosat en catalán	(León, 1998)
Árido	Fragmento de roca disgregada. Arena. Dotan de cohesión a los morteros al oponerse a las contracciones del aglomerante (cal o cemento). En los enfoscados deben utilizarse arenas silíceas, calizas o graníticas. En los estucos, el árido ha de ser de mármol.	(León, 1998)
Arrebosat	Término catalán para definir el arenato.	(León, 1998)
Arriccio	Penúltima capa del enlucido que soporta una pintura al fresco y que recibe la sinopia.	(León, 1998)
Atacadura	Superficie plana labrada a cincel que bordea al perímetro de cada una de las caras de un sillar.	(León, 1998)
Avivador	Término de oficio para designar la atacadura.	(León, 1998)

Nombre	Definición	Origen
Balsa de apagado	Construcción estanca en la que se apaga la cal viva con una gran aportación de agua, en una proporción de 1 kg de cal viva, por 3.6 l de agua.	(León, 1998)
Balsa de reposo	Construcción estanca, comunicada con la balsa de apagado, en la que reposa la cal sumergida en agua. Para utilizar la cal para estucos, debe reposar embalsada durante al menos 6 meses.	(León, 1998)
Bruñido	Cepillado final de un estuco con brocha de esparto o cepillo, a plomo y a nivel.	(León, 1998)
Cal	Término genérico que designa todas las formas físicas en las que pueden aparecer el óxido de calcio y el de magnesio (CaO y MgO) y/o el hidróxido cálcico o el de magnesio (Ca(OH) ₂ y Mg(OH) ₂).	UNE EN 459-1:2002
Cal ahogada	Cal hidráulica en cuyo proceso de apagado ha sobrepasado los 120°C, produciéndose la hidratación de los silicatos y aluminatos y perdiendo así sus propiedades hidráulicas.	(Vázquez et al. 1993)
Cal de construcción	Cales utilizadas en la construcción de edificios y en ingeniería civil.	UNE EN 459-1:2002
Calcinación	Referido a la cal, cocción a unos 900 °C en hornos específicos de la piedra caliza para transformarla en cal viva u óxido de calcio. Descarbonatación de la piedra caliza. Cochura.	(León, 1998)
Cales aéreas	Cales principalmente constituidas por óxido o hidróxido de calcio que endurecen lentamente al aire bajo el efecto del dióxido de carbono presente en el aire. En general, no endurecen bajo el agua, pues no poseen propiedades hidráulicas. Pueden ser cales vivas o cales hidratadas.	UNE EN 459-1:2002
Cales cálcicas	Cales constituidas principalmente de óxido de calcio o de hidróxido de calcio, sin adición de materiales puzolánicos o hidráulicos.	UNE EN 459-1:2002
Cales de carburo	Cales cálcicas hidratadas que constituyen un producto derivado de la fabricación del acetileno a partir del carburo cálcico.	UNE EN 459-1:2002
Cales de conchas	Cales cálcicas hidratadas producidas por la calcinación de conchas seguido de un apagado.	UNE EN 459-1:2002
Cales dolomíticas	Cales constituidas principalmente por óxidos e hidróxidos de cal y de magnesio, sin adición de materiales puzolánicos o hidráulicos.	UNE EN 459-1:2002
Cales dolomíticas semihidratadas	Cales dolomíticas hidratadas, constituidas principalmente por hidróxido de calcio y por óxido de magnesio.	UNE EN 459-1:2002
Cales dolomíticas totalmente hidratadas	Cales dolomíticas hidratadas, constituidas principalmente por hidróxido de calcio y por hidróxido de magnesio.	UNE EN 459-1:2002
Cales hidratadas	Cales aéreas, cales cálcicas o dolomíticas resultantes del apagado controlado de las cales vivas. Se producen en forma de polvo seco, de pasta o de lechada.	UNE EN 459-1:2002



Nombre	Definición	Origen
Cales hidráulicas	Cales principalmente constituidas por hidróxido de calcio, silicatos de calcio y aluminatos de calcio producidos por la mezcla de constituyente adecuados. Tienen la propiedad de endurecer con el agua. El dióxido de carbono presente en el aire contribuye igualmente al proceso de endurecimiento.	UNE EN 459-1:2002
Cales hidráulicas naturales	Cales producidas por la calcinación de calizas más o menos arcillosas o silíceas con reducción a polvo mediante apagado con o sin molienda. Tienen la propiedad de endurecer con el agua. El dióxido de carbono presente en el aire contribuye igualmente al proceso de endurecimiento.	UNE EN 459-1:2002
Cales hidráulicas naturales con adición de materiales	Productos cálcicos a quienes se les han añadido materiales hidráulicos o puzolánicos adecuados hasta un 20% en masa.	UNE EN 459-1:2002
Cales vivas	Cales aéreas constituidas principalmente por óxido de calcio y de magnesio, producidos por la calcinación de caliza y/o dolomía. Las cales vivas tienen una reacción exotérmica en contacto con el agua: las cales vivas se presentan en distintas granulometrías que van desde terrones a material finamente molido.	UNE EN 459-1:2002
Caliche	Óxidos de calcio sin hidratar. Cal no combinada.	(León, 1998)
Calicostrado	Capa exterior de protección del tapial compuesta por cal apagada y áridos.	(León, 1998)
Carbonatación	Proceso químico por el que los hidróxidos de calcio, presentes en la cal apagada, al entrar en contacto con el dióxido de carbono de la atmósfera se transforman en carbonato cálcico.	(León, 1998)
Cedón	En el proceso de apagado de la cal para realización de cal amarada, es el fenómeno que se produce por añadir poca agua o un batido insuficiente.	(Vázquez et al. 1993)
Coccio pesto	Mortero romano elaborado con cal, arena, agua y ladrillos triturados que podía ser utilizado en construcciones bajo el agua.	(León, 1998)
Craquelado	Véase cuarteado	(León, 1998)
Cuarteado	Figuración que aparece en los enfoscados, revocos o estucos debido a la retracción del aglomerante. Se produce por el empleo de morteros o masas en las que la cantidad de aglomerante (cal, cemento) es excesiva respecto a la proporción de árido.	(León, 1998)
Eflorescencia	Depósito de sales solubles que se producen en el exterior de los paramentos.	(León, 1998)
Encalado	Blanquear un enfoscado con lechada de cal.	(León, 1998)
Encañador	En la fabricación tradicional de la cal, persona encargada de introducir la carga de piedra caliza en el horno.	(León, 1998)
Enfoscado	Capas de mortero aplicadas sobre un muro para conseguir la total planitud de éste y protegerlo de las inclemencias climáticas. Puede aparecer como acabado o como soporte del estuco o pintura de cal.	(León, 1998)
Enjabelgar	Véase encalado	(León, 1998)
Enlucido	Última capa de un guarnecido. En el estuco de cal esta capa es de masa grasa y se aplica con llana.	(León, 1998)

Nombre	Definición	Origen
Esgrafiado	Tipo de estuco que consiste en superponer varias capas de masas de cal pigmentadas y en raspar y levantar la capa superficial, siguiendo las líneas de un dibujo previo, para que quede al descubierto la inferior, de diferente tonalidad y, si se desea, textura.	(León, 1998)
Estarcido	Técnica empleada para calcar o trasladar una figura u ornamento al muro. Consiste en puntear un papel grueso siguiendo las líneas del dibujo previo, colocarlo sobre el paramento y golpearlo con una muñeca de estarcir, de forma que la silueta del motivo quede marcada en el muro.	(León, 1998)
Estuco	Revestimiento continuo para acabados de paramentos interiores o exteriores, realizado con masas de cal grasa en pasta, arenas y polvo de mármol y, si procede, pigmentos.	(León, 1998)
Flor de cal	En el tamizado previo al uso o almacenaje de una cal hidráulica, es el producto que queda en el fondo del tamiz.	(Vázquez et al. 1993)
Fratasar	Igualar un paramento tendido con mortero describiendo círculos con el fratas.	(León, 1998)
Granulometría	Tamaño del árido que se determina haciendo pasar el grano por tamices de diferentes calibres.	(León, 1998)
Grappiers	En el tamizado previo al uso o almacenaje de una cal hidráulica, es el producto que queda en los primeros tamices, de color verdoso, a causa de una excesiva cocción. Estos pueden ser molidos y añadidos a la cal hidráulica formando así el cemento de grappiers, raramente usado en construcción.	(Vázquez et al. 1993)
Hidratación	Referido a la cal, apagado de la cal viva u óxido de calcio en agua, para obtener cal hidratada. Azogado. El apagado puede realizarse en hidratadores industriales o en las balsas de apagado.	(León, 1998)
Huesos	Fragmentos de piedra caliza sin calcinar.	(León, 1998)
Incocido	En el tamizado previo al uso o almacenaje de una cal hidráulica, es el producto que queda en los primeros tamices, de color amarillento, a causa de una insuficiente cocción.	(Vázquez et al. 1993)
Intonaco	Última capa de masa grasa o enlucido sobre el que se aplica la pintura al fresco. Se aplica por jornadas.	(León, 1998)
Inundación	En el proceso de apagado de la cal para realización de cal amarada, es el fenómeno que se produce por aportar una cantidad excesiva de agua.	(Vázquez et al. 1993)
Jaharrado	Véase enfoscado	(León, 1998)
Jaharro	Regla utilizada para eliminar el exceso de mortero de los cajones y que se apoya sobre las maestras.	(León, 1998)
Jarrado	Véase enfoscado	(León, 1998)
Llaga	Junta vertical de un muro.	(León, 1998)
Llec	Cal grasa en pasta con polvo de mármol que queda en los contornos de la llana durante la operación de enlucido y que se emplea para repasar o reenlucir la última capa en estucos finos.	(León, 1998)
Lliscat	Véase enlucido	(León, 1998)

Nombre	Definición	Origen
Maestras	Según Juan de Villanueva "cintas ... de mezcla, perfectamente en línea recta sobre la superficie de la pared, y sirven de registro para correr el reglón o regla que se extiende y quitar el material sobrante que se tira contra la pared para formar el jarrado"	(León, 1998)
Marmoración	Imitación de la piedra de mármol con la técnica del estuco	(León, 1998)
Masa grasa	Masa con la que se confecciona la última capa de un estuco de textura fina (enlucido) y que se amasa con menor cantidad de árido que de cal.	(León, 1998)
Masa magra	Masa con la que se confeccionan las primeras capas de un estuco y que se amasa con más cantidad de árido que de cal.	(León, 1998)
Masello	Técnica empleada en la restauración de pinturas al fresco que consiste en aserrar y trasladar la zona del muro que contiene la pintura.	(León, 1998)
Mortero	Argamasa formada por aglomerante (cal, cemento), arena y agua que se emplea para ejecutar enfoscados o rejuntados	(León, 1998)
Mortero bastardo	Véase mortero mixto	(León, 1998)
Mortero de cal	Argamasa compuesta por cal, arena y agua.	(León, 1998)
Mortero mixto	Argamasa compuesta por cal, cemento, arena y agua.	(León, 1998)
Mortero preparado	Mortero seco preparado en fábrica y compuesto por conglomerante (hidrato de cal, cemento o la mezcla de ambos), áridos, aditivos sólidos y colorantes.	(León, 1998)
Opus albarium	Estucado o blanqueo de un muro en el primer caso, generalmente dispuesto para pintar al fresco	(Garate, 1994)
Paleteado	Primera operación del enfoscado que consiste en lanzar el mortero contra el muro ayudándose de la paleta, para obtener una superficie rugosa y áspera que sirva de agarre a las capas superiores. CAT: Escardejat	(León, 1998)
Pastellones	Véase Coccio pesto	(León, 1998)
Pátina	Costra e carbonato cálcico que de forma natural protege a la piedra de las inclemencias exteriores. En un principio se forma por la exudación y evaporación del agua de cantera y después por la propia acción del agua de lluvia que, por su contenido en dióxido de carbono, al penetrar por capilaridad en el interior de la piedra transforma el carbonato cálcico de la roca caliza en bicarbonato. Debido a la reversibilidad del proceso, este bicarbonato precipita de nuevo en carbonato cálcico, al evaporarse el agua y desprenderse el anhídrido carbónico. Como resultado, en el exterior de la piedra se forma una película carbonatada de 1 a 1,5 mm de espesor.	(León, 1998)
Pigmento	Sustancia micrométrica natural o artificial, no soluble en agua ni en aceite, que confiere su color a otro material. Las sustancias que se disuelven en líquidos se denominan tintes o colorantes. Los pigmentos aptos para la técnica de la cal son: las tierras y los óxidos de hierro para los colores rojos, amarillos, negros y pardos, el verde óxido de cromo y el azul de cobalto.	(León, 1998)

Nombre	Definición	Origen
Pintura al fresco	Técnica pictórica que emplea como vehículo el agua de cal, como pigmento tierras y óxidos y como aglutinante, la cal contenida en la masa del enlucido fresco sobre el que se pinta. La cal del enlucido, cuando entra en contacto con el anhídrido carbónico del aire, carbonata y justamente con la arena, forma una superficie dura y resistente donde se han incorporado los pigmentos. Para lograr este efecto, el enlucido final debe aplicarse por partes o jornadas.	(León, 1998)
Pintura de cal	Pintura porosa de interiores y exteriores con propiedades desinfectantes y esterilizantes, que se elabora disolviendo cal apagada (hidrato o cal en pasta) en gran cantidad de agua (1 kg de cal por 4 litros de agua). Puede incorporarse un 3 ó un 5% de pigmento óxido de hierro para dotar de color a la pintura.	(León, 1998)
Plinto	Término utilizado por los estucadores para definir, en el estuco imitación piedra, el frontis o superficie central de un sillar que queda bordeada por las atacaduras.	(León, 1998)
Puzolana	Roca extraída de Puzzuoli, compuesta por sílice, alúmina y óxido de hierro, que una vez pulverizada fue añadida a la cal por los romanos, para dotar de cualidades hidráulicas a los morteros.	(León, 1998)
Reenlucido	Operación de acabado en estucos finos que consiste en repasar con la llec el enlucido, para eliminar las marcas de la llana y conseguir una superficie plana.	(León, 1998)
Regleteado	Acción propia del enfoscado que consiste en pasar la regla o jaharro apoyada sobre las maestras, para eliminar el exceso de mortero de los cajones y conseguir una superficie regular y plana.	(León, 1998)
Rejuntar	Unir con mortero las piedras o ladrillos de un muro.	(León, 1998)
Remolinar	Lavar el estuco con paletina mojada en agua a plomo y a nivel.	(León, 1998)
Repretar	Rellenar con la masa los huecos del paramento fratasado, eliminando las ondulaciones y comprimiendo el material para evitar futuras fisuraciones.	(León, 1998)
Retracción	Reducción de volumen que sufren los materiales aglomerantes del mortero (cal, cemento) debido al proceso físico-químico de secado y endurecimiento.	(León, 1998)
Revoco	Revestimiento de protección de paramentos exteriores o interiores, elaborados con morteros de cemento o mixtos.	(León, 1998)
Ricalcare	Método empleado para trasferir la composición en la pintura al fresco y que consiste en incidir con una punta roma de metal o madera los contornos dibujados en un cartón que se coloca sobre el enlucido, de modo que queden grabados en la masa fresca del intonaco.	(León, 1998)
Sarro	Véase Pátina	(León, 1998)
Sinopia	Boceto preliminar de una pintura al fresco que se dibuja con ocre rojo sobre el arriccio y sirve para delimitar las diferentes jornadas. El nombre proviene de Sinope, ciudad en el Mar Negro de donde los romanos extraían este tipo de pigmento.	(León, 1998)



2. Traducciones de interés

Nombre	Catalán	Inglés	Francés	Italiano	Alemán	Sinónimos
aditivo	aditiu	setting time regulators, accelerators or retarders	adjuvants, réglant de la prise	additivi, regolatori della presa	abbindebeschleuniger, abbindeverzögerer	agregado
pintura a la cal	pintura a la calç	whitewash	badigeon	imbiancatura	tünche	
brocha de encalar	brotxa d'encalar	brush	brosse à badigeon	pennello per stendere la calce	kluppenpinsel malerquast	
caliza	pedra calcària	limestone, limerock	calcaire	calcare, pietra calcare	kalkstein	
encalado	encalat	liming	chaulage	calcinatura	kalken	enjabelgado
enjabelgado	encalat	liming	chaulage	calcinatura	kalken	encalado
cal aerea	calç aèrea, calç grassa	non hydraulic lime	chaux aérienne	calce aerea, grassello de calce	luftkalk	cal grasa
cal grasa	calç aèrea, calç grassa	common lime	chaux grasse	calce aerea, grassello de calce	luftkalk	cal aérea
cal apagada	calç apagada, calç morta	slaked lime	chaux éteinte	calce spenta, calce idrata	gelöschter kalk, löschkalk, kalkhydrat	cal muerta
cal muerta	calç apagada, calç morta	slaked lime	hydroxyde de calcium	calce spenta, calce idrata	gelöschter kalk, löschkalk, kalkhydrat	cal apagada
cal hidráulica	calç hidráulica	blue lias lime H	chaux hydraulique	calce idraulica	hydraulischer kalk, wasserkalk	cal flaca
cal flaca	calç hidráulica	blue lias lime H	chaux maigre	calce idraulica	hydraulischer kalk, wasserkalk	cal hidráulica

Nombre	Catalán	Inglés	Francés	Italiano	Alemán	Sinónimos
cal viva	calç viva, òxid de calç	quick lime, calcium oxide, burnt lime	chaux vive	calce viva, ossido di calcio	ungelöschter kalk, branttkalk, calciumoxid	óxido de cal
óxido de cal	calç viva, òxid de calç	quick lime, calcium oxide, burnt lime	oxid de calcium	calce viva, ossido di calcio		cal viva
cemento	ciment	cement	ciment	cemento	zement	
fratasado	fratassat	floating coat	corps d'enduit-dégrossi	strato corposo di intonnaco Sgrossatura (mano di fondo grosso-lana)	unterputz, ausgleichsputz	
capa de acabado	capa d'acabat	setting coat, finishing coat	couche de finition	strato di finitura	oberputz	
revoque	arrebossat	plaster coat, work coating, rendering plastering	enduit	intonaco	verputz	estucado
estucado	estuc	plaster coat, work coating, rendering plastering	enduit	intonaco		revoque
fresco (al)	fresc (al)	fresco	fresque (a)	affresco	fresko	
enfoscado	arrebossat	key	gobetis		spritzbewurf	
mojar	mullar, humitejar	humidify (to)	inumidire	inumidire, bagnare	anfeuchten, nassen	humidificar
humidificar	mullar, humitejar	humidify (to)	bagnare	inumidire, bagnare	anfeuchten, nassen	mojar
revoco a la tirolesa	arrebossat a la tirolesa	roughcast	finition jété		kellenputz	

Nombre	Catalán	Inglés	Francés	Italiano	Alemán	Sinónimos
lechada de cal	lletada de calç	lime milk	lait de chaux	latte di calce	kalkmilch	
llana	llana	finishing trowel	lisseuse	lisciatura	glättkelle	
enlucido	lliscat	smooth finishing	finition lissé	finitura liscia	glattputz	
bruñido	brunyit	smooth finishing	finition lissé	finitura liscia	glattputz	
mortero	morter	mortar	mortier	malta	mörtel	
moldura	motllura	moulding	moulure	modanatura	gesims	
ocre	ocre	ocke	ocre	ocra	ocker	
pátina	pàtina	patina	patine	patina	patina	
pigmento	pigment	pigment	pigment	pigmento	pigment	
yeso	guix	gesso	plâtre	gesso	gips	
puzolana	puzolana	pozzolanic (adj.)	pouzzolane	pozzolana	puzzolan	
arena	sorra	sand	sable	sabbia	sand	

Nombre	Catalán	Inglés	Francés	Italiano	Alemán	Sinónimos
seco (en)	sec (en)	secco	sec (à)	a secco, secco	trocken secco	
repretado	repretat	compacting	serrage	compatto indurito	verdichten	
fratasado	fratassat	compacting	serrage	compatto indurito	verdichten	
estuco	estuc	stucco, sculptor's plaster	stuc	stucco	stuck	
talocha	talotxa	floating coat	taloche	taloscia	reibebrett	
tierra natural	terra natural	natural pigments	terre naturelle, colorante	terra naturale, coloranti	erdpigment	óxido natural
óxido natural	òxid natural	natural pigments	terre naturelle, colorante	terra naturale, coloranti	erdpigment	tierra natural
tejoleta	tejoleta	brick dust	tuileau	coccio pesto	ziegelschrot, ziegelmehl	
paleta	paleta	trowel	truelle	cazzuola	kelle	

